

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG

LUCILENE UMBELINO GAMA

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE DO CÓRREGO LAJEADO, UBERLÂNDIA-MG

UBERLÂNDIA

2022

LUCILENE UMBELINO GAMA

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE DO CÓRREGO LAJEADO, UBERLÂNDIA-MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:

Prof. Dr. André Rosalvo Terra Nascimento

Co-orientador:

Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva

UBERLÂNDIA

2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

G184 2022	<p>Gama, Lucilene Umbelino, 1984- Diagnóstico ambiental nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG [recurso eletrônico] / Lucilene Umbelino Gama. - 2022.</p> <p>Orientador: André Rosalvo Terra Nascimento. Coorientador: Claudionor Ribeiro da Silva. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Qualidade Ambiental. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.40">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.40</a> Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Desenvolvimento sustentável. I. Nascimento, André Rosalvo Terra, 1969-, (Orient.). II. Silva, Claudionor Ribeiro da, 1975-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Qualidade Ambiental. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 502.33</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental  
 BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 2512-6717 - www.ppgmq.iciag.ufu.br - ppgmq@iciag.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Qualidade Ambiental (PPGMQ)				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 01/2022, PPGMQ				
Data:	18 de janeiro de 2022	Hora de início:	14:30	Hora de encerramento:	18:00
Matrícula da Discente:	11912MQA016				
Nome da Discente:	LUCILENE UMBELINO GAMA				
Título do Trabalho:	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO CÓRREGO LAJEADO, UBERLÂNDIA-MG				
Área de concentração:	Meio Ambiente e Qualidade Ambiental				
Linha de pesquisa:	Gestão e Monitoramento Ambiental				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Sem vinculação				

Reuniu-se por meio de web conferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ), assim composta: Prof. Dr. André Rosalvo Terra Nascimento (orientador da candidata); Prof.ª Dr.ª Danúbia Magalhães Soares (INBIO - UFU); e Prof.ª Dr.ª Karla Maria Silva de Faria (IESA - UFG).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Prof. Dr. André Rosalvo Terra Nascimento apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu a Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, às examinadoras, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **André Rosalvo Terra Nascimento, Presidente**, em 18/01/2022, às 18:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Danúbia Magalhães Soares, Usuário Externo**, em 19/01/2022, às 13:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Karla Maria Silva de Faria, Usuário Externo**, em 19/01/2022, às 16:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3297890** e o código CRC **A8A1E28A**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus por mais um sonho realizado, por ter me capacitado e me abençoado durante todas as etapas do mestrado.

Agradeço aos meus pais (Suely Umbelino e Lúcio Mário) e ao meu marido (Wellington Ferreira), que me incentivaram e me apoiaram diariamente. Também agradeço aos meus irmãos (Daniella Umbelino e Lúcio Júnior) pelo amor e auxílio que me deram e a minha cunhada Danuzza Diniz, pela ajuda com o programa AutoCAD.

Agradeço de todo o meu coração aos professores André Rosalvo Terra Nascimento e Claudionor Ribeiro da Silva. Queridos professores, muito obrigada por tudo o que me ensinaram, pela paciência e por todo o apoio.

Agradeço ao estagiário Gabriel Oliveira Silva, às arquitetas Danielle Costa, Ana Carolina Carleto e Camila Cardoso e aos demais colegas da Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU) e do Programa de Pós Graduação em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental (PPGMQ), que me ajudaram em muitos momentos de dificuldades. Destaco o meu agradecimento ao servidor público municipal Gustavo Eugênio de Freitas Faria, que me ensinou procedimentos executados no *software* QGIs, e aos servidores da PMU que disponibilizaram dados para a realização desta pesquisa.

Agradeço aos professores do PPGMQ que contribuíram para a minha formação acadêmica e especialmente à professora Adriane Andrade Silva, que assim como o professor André Terra, convenceu-me a não desistir do mestrado frente às dificuldades enfrentadas neste período de pandemia.

Agradeço à Prof. Dra. Karla Maria Silva de Faria da Universidade Federal de Goiás (UFG) e à Prof. Dra. Danúbia Magalhães Soares da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) por terem aceitado participar da banca da minha Qualificação e da minha Defesa de Dissertação, bem como pelas contribuições que deram ao presente estudo. Agradeço também ao Prof. Dr. Lucas Carvalho Basilio de Azevedo pelo aceite em participar como membro suplente das mesmas bancas.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), à Pró-reitora de Pesquisa e Pós Graduação (PROPP-UFU), ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) e ao PPGMQ pelo incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento sustentável.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para o meu bem-estar e conseqüentemente para a conclusão deste trabalho.

“Imagine uma nova história para a sua vida e acredite nela”.

(Paulo Coelho)

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS .....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABELAS .....	iv
<b>RESUMO.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1 As Áreas de Preservação Permanente ripárias.....	4
2.2 Geotecnologias aplicadas a análises de cobertura e uso do solo .....	6
2.2.1 Técnicas de processamento de imagens.....	8
2.3 Avaliação de impacto ambiental: breve histórico.....	10
2.4 Protocolos de Avaliação Rápida (PARs): um método de avaliação de impactos ambientais .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
3.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	16
3.2 Material usado.....	18
3.3 Pré-processamento das imagens de satélite .....	18
3.4 Demarcação das APPs .....	20
3.5 Processamento das imagens de satélite.....	21
3.5.1 Classificação pela Máxima Verossimilhança .....	22
3.5.2 Segmentação dos valores de NDVI .....	24
3.6 Acurácia das classificações.....	25
3.7 Mapas e análises da cobertura e uso do solo .....	26
3.8 Avaliação de impactos ambientais.....	26
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
4.1 Análise da classificação pela MaxVer .....	32
4.2 Análise da classificação pela segmentação dos valores de NDVI.....	37
4.3 Avaliação de impactos e qualidade ambiental das APPs.....	42
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>

ANEXO A – Parâmetros e valores para a avaliação de impactos ambientais negativos nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG.....	77
ANEXO B – Matriz de confusão com a estatística da classificação por MaxVer e o índice <i>Kappa</i> obtidos para a imagem do satélite CBERS 4 de 2015.....	79
ANEXO C – Matriz de confusão com a estatística da classificação por MaxVer e o índice <i>Kappa</i> obtidos para a imagem do satélite CBERS 4 de 2020.....	80
ANEXO D – Matriz de confusão com a estatística da classificação por segmentação dos valores de NDVI e o índice <i>Kappa</i> obtidos para a imagem do satélite CBERS 4 de 2015.....	81
ANEXO E – Matriz de confusão com a estatística da classificação por segmentação dos valores de NDVI e o índice <i>Kappa</i> obtidos para a imagem do satélite CBERS 4 de 2020.....	82
ANEXO F – Espécies nativas recomendadas para recuperação de áreas degradadas e restauração da vegetação do bioma Cerrado, conforme Durigan <i>et al.</i> (2011) e Pott e Pott (2002).....	83

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
Art.	Artigo
CBERS	<i>China-Brasil Earth Resources Satellite</i>
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CRAM	<i>California Rapid Assessment Method</i>
EPA	<i>Environment Protection Agency</i>
GDAL	<i>Global Data Abstraction Library</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IHS	<i>Intensity, Hue, Saturation</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NEPA	<i>National Environmental Policy Act</i>
MaxVer	Máxima Verossimilhança
PAR	Protocolo de Avaliação Rápida
PMU	Prefeitura Municipal de Uberlândia
RARC	<i>Rapid Appraisal of Riparian Condition</i>
RBP	<i>Rapid Bioassessment Protocols</i>
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
SAD	<i>South American Datum</i>
SEMEIAM	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SEPLAN	Secretaria de Planejamento Urbano
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SNUC	Sistema Nacional de Unidade de Conservação
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– Localização das Áreas de Preservação Permanente (APPs) da microbacia do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG.....	16
FIGURA 2	– Imagem do satélite CBERS 4, de 24/08/2015, após composição RGB falsa cor e realce linear 2%, no <i>software</i> ENVI. Visualização nas janelas (A) <i>scroll</i> ; (B) <i>image</i> ; (C) <i>zoom</i> .....	19
FIGURA 3	– Imagem do satélite CBERS 4, de 17/03/2020, após composição RGB falsa cor e realce linear 2%, no <i>software</i> ENVI. Visualização nas janelas (A) <i>scroll</i> ; (B) <i>image</i> ; (C) <i>zoom</i> .....	19
FIGURA 4	– Recorte da área de estudo na imagem do satélite CBERS 4A, de 13/06/2020, após composição RGB falsa cor e fusão com a banda pancromática, no <i>software</i> QGis.....	20
FIGURA 5	– Localização dos pontos amostrais para a avaliação de impacto ambiental nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG.....	27
FIGURA 6	– Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG. Coleta de dados na área demarcada com perfilados de alumínio (A). Anotação de dados e atribuição de pontos aos parâmetros do protocolo (B).....	30
FIGURA 7	– Mapa temático do uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, resultante da classificação das imagens de satélite de 2015 (A) e de 2020 (B) pela Máxima Verossimilhança.....	33
FIGURA 8	– Dinâmica do uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, resultante da classificação das imagens de satélite de 2015 e de 2020 pela Máxima Verossimilhança.....	35
FIGURA 9	– Mapa temático do uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, resultante da classificação das imagens do satélite de 2015 (A) e de 2020 (B) pela segmentação dos valores de NDVI .....	38

FIGURA 10	- Dinâmica do uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, resultante da classificação das imagens de satélite de 2015 e de 2020 pela segmentação dos valores de NDVI.....	41
FIGURA 11	- Resultado da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG. Avaliação dos parâmetros 1.1, 1.2 e 4.1 mediante uso de imagem de satélite e avaliação dos demais parâmetros em campo (A). Avaliação de todos os parâmetros em campo (B).....	44
FIGURA 12	- Frequência absoluta dos impactos ambientais observados nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, durante a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida.....	45
FIGURA 13	- Vegetação ciliar em situação de alto impacto pela presença de edificações no Trecho 2 (A) e (B) e pelo predomínio de vegetação exótica nos trechos 2 (C) e 3 (D). Vegetação ciliar avaliada como impacto inexistente nos trechos 1 (E) e 3 (F).....	46
FIGURA 14	- Processo erosivo observado no talude a jusante da avenida Nicomedes Alves dos Santos, no Trecho 2 (A), e no barranco do córrego (com exposição de raízes das árvores), no Trecho 3 (B). Sedimentos observados no Trecho 2, no final de uma escada hidráulica (C) e na via pública (D).....	51
FIGURA 15	- Lançamento de drenagem pluvial por meio de tubulação, no Trecho 1 (A) e por meio de uma escada hidráulica, no Trecho 2 (B). Detalhes do sistema de dissipação de energia hidráulica instalado no Trecho 1 (C e D). Exemplos de resíduos sólidos descartados no Trecho 2: materiais diversificados (E) e materiais de construção civil (F).....	54

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Critérios para a identificação das classes de cobertura e uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG.....	22
TABELA 2	- Índice <i>Kappa</i> e o seu correspondente desempenho de classificação.....	24
TABELA 3	- Indicadores e parâmetros para a avaliação de impactos ambientais negativos nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG.....	28
TABELA 4	- Mudanças no uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG, obtidas pela classificação das imagens de satélite de 2015 e de 2020 pela Máxima Verossimilhança.....	35
TABELA 5	- Mudanças no uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG, obtidas pela classificação das imagens de satélite de 2015 e de 2020 pela segmentação dos valores de NDVI.....	41

## RESUMO

GAMA, LUCILENE UMBELINO. **Diagnóstico ambiental nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG**. 2021. 84f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG<sup>1</sup>.

As veredas e as matas de galeria são ecossistemas ripários, presentes no bioma Cerrado, indispensáveis à conservação dos recursos hídricos e ao equilíbrio ambiental. Mesmo sendo juridicamente protegidos como Áreas de Preservação Permanente (APPs), os ambientes compreendidos por essas fitofisionomias sofrem constantes impactos ambientais negativos decorrentes do uso do solo. Para uma conservação mais efetiva das áreas originalmente cobertas pelas veredas e pelas matas de galeria é fundamental conhecê-las melhor. Nesse contexto, os diagnósticos ambientais representam uma ferramenta importante, pois permitem investigar o cumprimento das normas jurídicas relativas às APPs e também a qualidade ambiental dessas áreas. Sob essa perspectiva, o objetivo deste estudo foi realizar um diagnóstico ambiental nas APPs do córrego Lajeado, no município de Uberlândia-MG. Para tal, foram produzidos mapas de cobertura e uso do solo, comparando-se as seguintes técnicas de classificação de imagens de satélite: Máxima Verossimilhança (MaxVer) e segmentação dos valores do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). Em pontos distribuídos em três trechos da área de estudo, os principais impactos ambientais negativos foram avaliados mediante aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR). Para a definição das classes de cobertura e uso do solo e para a aplicação do PAR, visitas a campo foram realizadas em fevereiro e março de 2020. Conforme o diagnóstico ambiental realizado, os dois métodos de classificação empregados tiveram resultados satisfatórios, porém a classificação pela MaxVer teve melhor desempenho do que a classificação pela segmentação dos valores de NDVI. Os tipos de uso do solo em conflito com a legislação ambiental federal e municipal foram: queimada, edificação, solo exposto e pastagem, sendo esta última o uso em conflito que abrangeu o maior percentual das APPs nos anos analisados. Mediante a avaliação dos impactos ambientais negativos, verificou-se que o Trecho 2 foi o segmento mais impactado nas APPs e a vegetação exótica, os resíduos sólidos e os sedimentos foram os impactos ambientais mais frequentes. Foram identificados seis pontos prioritários para recuperação ambiental, sendo sugerida, como uma das medidas para a melhoria das condições ambientais das APPs, a implantação de um parque linear em toda a extensão do córrego. Ante o exposto, a presente pesquisa possibilitou a obtenção de informações sobre as irregularidades e sobre a qualidade ambiental das áreas legalmente protegidas do córrego Lajeado, bem como a apresentação de medidas para a recuperação ambiental dessas áreas, fornecendo subsídios à elaboração e à execução de estudos e projetos ambientais para uma preservação mais efetiva dos ecossistemas ripários.

**Palavras-chave:** vegetação ripária; impactos ambientais; uso do solo; MaxVer; avaliação rápida.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: André R. Terra Nascimento – UFU e Claudionor Ribeiro da Silva – UFU.

## ABSTRACT

GAMA, LUCILENE UMBELINO. **Environmental diagnosis in the Permanent Preservation Areas of the Lajeado stream, Uberlândia-MG.** 2021. 84f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG<sup>2</sup>.

Veredas and gallery forests are riparian ecosystems, present in the Cerrado bioma, essential for the conservation of water resources and environmental balance. Even though they are legally protected as Permanent Preservation Areas (APPs), the environments comprised by these phytophysionomies suffer constant negative environmental impacts resulting from land use. For a more effective conservation of the areas originally covered by veredas and by gallery forests, it is necessary to know them better. In this context, environmental diagnoses represent an important tool, as they allow investigating compliance with legal standards relating to the protected areas and also their environmental quality. From this perspective, the aim of this study was to carry out an environmental diagnosis in the APPs of Lajeado stream, in Uberlândia-MG. For this purpose, land cover and land use maps were produced comparing the following satellite image classification techniques: Maximum Likelihood (MaxVer) and segmentation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) values. At distributed points in three stretches of the study area, the main negative environmental impacts were assessed by applying a Rapid Assessment Protocol (RAP). Field visits were carried out in February and March 2020 for definition of land cover and land use classes and for application of the PAR. According to the environmental diagnosis carried out, the two classification methods employed had satisfactory results, however the classification by MaxVer had better performance than the classification by segmentation of the NDVI values. The types of land cover and land use in conflict with federal and municipal environmental legislation were: burning, building, exposed soil and pasture, the latter being the conflicting use that covered the highest percentage of APPs in the analysed years. Through the assessment of negative environmental impacts, it was found that the Stretch 2 was the most impacted the segment in the APPs and the exotic vegetation, the solid waste and the sediments were the most frequent environmental impacts. Six priority points were identified for environmental recovery and one of the measures suggested to improve the environmental conditions of the APPs was the implementation of a linear park along the entire length of the stream. In view of the above, this research enabled to obtaining information on the irregularities and on the environmental quality of the legally protected areas of Lajeado stream, as well the presentation of measures for the environmental recovery of these areas, providing subsidies for the elaboration and for the execution of environmental studies and projects for a more effective preservation of the riparian ecosystems.

**Keywords:** riparian vegetation; environmental impacts; land use; MaxVer; rapid assessment.

---

<sup>2</sup> Comitê Orientador: André R. Terra Nascimento – UFU e Claudionor Ribeiro da Silva – UFU.

## 1 INTRODUÇÃO

No bioma Cerrado, os corpos hídricos de pequeno porte estão em intensa associação com as fitofisionomias vereda e mata de galeria. As veredas são ecossistemas que, em geral, se desenvolvem em cabeceiras fluviais, onde o lençol freático aflora ou está bem próximo à superfície (BASTOS; FERREIRA, 2010), os solos são hidromórficos e a palmeira *Mauritia flexuosa* L.f. (Buriti) emerge em meio a espécies herbáceo-arbustivas, caracterizando corredores ecológicos sempre verdes (RIBEIRO; WALTER, 2008).

As matas de galeria possuem alta riqueza de espécies e frequentemente ocorrem em fundos de vale ou em cabeceiras de drenagem, formando corredores fechados sobre o leito de córregos e riachos. Essas matas podem ser classificadas em inundáveis (paludosas) e não-inundáveis, conforme diferenças na composição florística e nas características físicas do ambiente, como topografia e altura do lençol freático (RIBEIRO; WALTER, 2008).

As veredas e as matas de galeria configuram formações vegetais ciliares, ocupando, dessa maneira, áreas denominadas ribeirinhas ou ripárias, isto é, zonas de transição entre o ecossistema aquático e as terras altas adjacentes (AMPER; PUNO; PUNO, 2019; COELHO; BUFFON; GUERRA, 2011; NAS, 2002). Da mesma forma que outras formações ribeirinhas, essas duas fitofisionomias desempenham funções de extrema relevância ecológica e hidrológica, por exemplo: estabilização do solo e regulação do escoamento das águas pluviais, minimizando o surgimento de processos erosivos; filtragem de sedimentos e de nutrientes, diminuindo o assoreamento e a poluição dos cursos d'água; regulação do microclima; fornecimento de alimento e abrigo à fauna; e manutenção da biodiversidade (GONÇALVES *et al.*, 2005).

Nesse sentido, tais ecossistemas são indispensáveis à conservação dos recursos hídricos e ao equilíbrio ambiental, sendo juridicamente protegidos como Áreas de Preservação Permanente (APPs). De acordo com a Lei Federal nº 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa brasileira, as APPs são áreas protegidas que, cobertas ou não por vegetação nativa, possuem função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

No entanto, mesmo sob proteção legal, as áreas ripárias, que compreendem as veredas e matas de galeria, sofrem constantes impactos negativos decorrentes do progressivo uso do solo no bioma Cerrado. Diante de tal problemática, é fundamental que esses ambientes sejam mais bem conhecidos e monitorados, visando à adoção de medidas que assegurem a efetividade de sua preservação.

Nesse contexto, os diagnósticos ambientais são instrumentos úteis, pois permitem caracterizar e avaliar as condições em que se encontra determinada área (SÀNCHEZ, 2013), bem como identificar os problemas que merecem prioridade para serem solucionados. Possuem grau de detalhamento vinculado ao escopo do estudo (SÀNCHEZ, 2013), sendo elementos básicos nos processos de planejamento e de monitoramento ambiental.

Os diagnósticos ambientais voltados ao estudo do uso e cobertura do solo em APPs têm empregado amplamente o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (MORAIS *et al.*, 2017; NUNES *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2018; TSUJII, 2014). Quando utilizadas de forma integrada, essas ferramentas geotecnológicas possibilitam a produção de mapas com informações atualizadas sobre os diferentes tipos de vegetação e uso da terra, mostrando-se práticas e eficientes no planejamento, monitoramento e fiscalização ambiental (CUNHA; LUCENA; SOUZA, 2017; MOREIRA *et al.*, 2015).

Outra ferramenta empregada em diagnósticos ambientais envolvendo as zonas ripárias e o meio aquático (sistemas fluviais) são os Protocolos de Avaliação Rápida (PARs) (BEAUMORD, 2006; GOMES *et al.*, 2018; MINATTI-FERREIRA; PADOVESI-FONSECA *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2015; SOUZA, 2018). Tais protocolos permitem a avaliação de impactos antrópicos em corpos hídricos e nos ecossistemas em suas margens a partir de observações *in situ* e aplicação de um *check list* de parâmetros pré-definidos (RODRIGUES, 2008; ROSA; MAGALHÃES JÚNIOR, 2019). Compreendem um método de avaliação prático, eficaz e pouco oneroso, cujo resultado informa a situação do ambiente, garantindo avanços no monitoramento da qualidade ambiental (ROSA; MAGALHÃES JÚNIOR, 2019; VARGAS; FERREIRA JÚNIOR, 2012).

Em virtude da suscetibilidade da vegetação ripária aos impactos de origem antrópica, os diagnósticos ambientais em APPs têm importância para a averiguação de usos em conflito com as normas jurídicas e para o conhecimento da qualidade ambiental

desses ecossistemas, propiciando condições para avaliação da necessidade de ações de recuperação ou de implementação de uma medida protetiva adicional. Essa modalidade de estudo pode, portanto, subsidiar a fiscalização ambiental pelos órgãos públicos e a execução de projetos de cunho ambiental, sendo especialmente útil para o aprimoramento da proteção das APPs. De acordo com Minatti-Ferreira e Beaumord (2006), o alcance de ações bem sucedidas de recuperação e de preservação de ecossistemas ripários requer a realização de um diagnóstico ambiental objetivo, de baixo custo e com informações de boa qualidade.

Assim, sob essa perspectiva, o presente estudo teve como objetivo geral realizar um diagnóstico ambiental nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, no município de Uberlândia-MG. Quanto aos objetivos específicos, visou-se:

- mapear a cobertura e o uso do solo nas APPs do córrego comparando duas técnicas de classificação temática e investigando a existência de usos em conflito com a legislação ambiental federal e municipal;
- avaliar os principais impactos ambientais negativos presentes nas APPs, sugerindo medidas para a melhoria da qualidade ambiental dessas áreas.

Com relação à estrutura, esta dissertação encontra-se organizada em um capítulo, que tem início com a introdução, abordando a temática global da pesquisa, e a seguir são apresentados: o referencial teórico, no qual são tratadas as temáticas consideradas relevantes para o embasamento do trabalho; o material e métodos utilizados; os resultados alcançados e a sua discussão; as conclusões obtidas; e as referências consultadas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 As Áreas de Preservação Permanente ripárias

As diferentes formas de vegetação que ocorrem nas margens dos cursos d'água e no entorno de nascentes, ou seja, na zona ripária, possuem nomenclatura científica bastante variada (ANSELMO, 2014; RODRIGUES, 2004). Os termos floresta ripária, vegetação ripária, mata ciliar, floresta ciliar, floresta de galeria e formação ribeirinha, por exemplo, são de uso frequente na literatura (ANSELMO, 2014).

Embora tais termos sejam empregados de forma genérica, a vegetação a eles associada não é de um único tipo. Ao contrário, a vegetação ripária apresenta fisionomia e composição florística particulares, definidas pelas características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e hidrográficas do local onde se encontra (RODRIGUES, 2004).

Independentemente de suas especificidades, a vegetação nativa de ambientes ripários desempenha funções ecológicas fundamentais, tendo influência direta sobre a conservação do solo, sobre a preservação da fauna e sobre a manutenção da qualidade e da disponibilidade hídrica (ANSELMO, 2014; LIMA; ZAKIA, 2001).

O reconhecimento da necessidade de se proteger a vegetação com ocorrência natural em áreas frágeis e que oferece serviços ambientais e benefícios não só aos proprietários das terras, mas a toda a sociedade, como é o caso da vegetação ripária, levou ao surgimento do conceito de APP (MESQUITA; CRUZ; PINHEIRO, 2012).

Assim, em virtude de sua localização e de sua relevância para o equilíbrio ambiental, a vegetação ripária encontra-se sob um regime de proteção rígido, no qual a supressão de seus espécimes depende de autorização do órgão ambiental competente, podendo ocorrer somente em casos de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental previstos em lei (BRASIL, 2012).

A primeira lei federal brasileira que estabeleceu normas para a preservação da vegetação ripária foi a Lei nº 4.771/1965, conhecida como Novo Código Florestal. Conforme o Art. 2º dessa lei, são de preservação permanente, dentre outras, as florestas e as demais formas de vegetação situadas ao longo dos cursos d'água e em áreas de nascentes (BRASIL, 1965).

Nesse sentido, as matas de galeria (formação florestal presente nas margens de pequenos cursos d'água) e as veredas (formação savânica presente em áreas de nascentes do bioma Cerrado) receberam a proteção do Novo Código Florestal e dos demais ordenamentos jurídicos ambientais que surgiram mais tarde.

No caso das APPs localizadas ao longo dos cursos d'água, as larguras mínimas exigidas sempre estiverem associadas à largura do próprio curso d'água. Em 1986 e em 1989 (BRASIL, 1986, 1989), a Lei nº 4.771/1965 sofreu alterações quanto a essas medidas e, em 2012, foi revogada pela Lei nº 12.651, que se encontra em vigor. Entre as mudanças ocorridas, a nova lei determinou que somente os cursos d'água naturais perenes e intermitentes (exceto os efêmeros) apresentam APP e que esta deve ser medida a partir da borda da calha do leito regular (BRASIL, 2012).

De acordo com a Lei nº 12.651/2012, considera-se APP, em zonas rurais ou urbanas, as faixas marginais com largura mínima de: 30 metros em cursos d'água com menos de 10 metros de largura; 50 metros em cursos d'água com largura entre 10 e 50 metros; 100 metros em cursos d'água com largura entre 50 e 200 metros; 200 metros em cursos d'água com largura entre 200 e 600 metros; e 500 metros em cursos d'água com largura superior a 600 metros (BRASIL, 2012).

Paralelamente, no que tange às nascentes, a Lei nº 4.771/1965 permaneceu mais de duas décadas sem indicar uma medida mínima para a proteção da vegetação que as circundavam. Essa medida foi instituída pela Lei nº 7.803/1989, que alterou a redação do Código Florestal, estipulando, como APP, um raio mínimo de 50 metros ao redor de nascentes e olhos d'água, porém, sem uma recomendação específica para as veredas (BRASIL, 1989). Atualmente, a Lei 12.651/2012 determina como APP um raio mínimo de 50 metros ao redor de nascentes e olhos d'água perenes (BRASIL, 2012).

A primeira lei que mencionou as veredas como vegetação protegida foi a Lei Ordinária de Minas Gerais nº 9.375/1986 (MINAS GERAIS, 1986), criada para a proteção da fitofisionomia no Vale do Rio São Francisco. Em 1988, a referida lei foi alterada pela Lei Ordinária nº 9.682, que declarou as veredas de interesse comum e de preservação permanente em todo o estado mineiro (MINAS GERAIS, 1988).

Somente em 2002, mediante regulamentação do Art. 2º do Código Florestal de 1965 pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 303, as veredas passaram a ser protegidas nos demais estados da federação (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2002). Essa resolução determinou

como APP as veredas e uma faixa marginal com largura mínima de 50 metros, medida em projeção horizontal a partir do espaço brejoso e encharcado (CONAMA, 2002). Posteriormente, com a revogação do Código Florestal de 1965, a Lei nº 12.651/2012 manteve, para a proteção das veredas, a exigência de se preservar a faixa marginal de 50 metros, medida em projeção horizontal a partir do espaço brejoso e encharcado (BRASIL, 2012).

Segundo a Lei nº 12.651/2012, a APP é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa (BRASIL, 2012), ou seja, as normas previstas para esse tipo de área são válidas independentemente da presença de cobertura vegetal nativa. Caso a APP esteja desprovida de vegetação ou dominada por vegetação exótica, é necessário que ela seja recuperada, pois a lei dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e não sobre a proteção de qualquer tipo de vegetação. A esse respeito, o Art. 7º, parágrafo 1º, da referida lei preceitua que: “Tendo ocorrido supressão de vegetação situada em Área de Preservação Permanente, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados previstos nesta Lei.” (BRASIL, 2012).

A relevância da vegetação nativa tem redação expressa na mesma lei, especificamente no Art. 3º, inciso IX, alínea a. Conforme essa alínea, são de interesse social: “as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa, tais como prevenção, combate e controle do fogo, controle da erosão, erradicação de invasoras e proteção de plantios com espécies nativas.” (BRASIL, 2012).

## **2.2 Geotecnologias aplicadas a análises de cobertura e uso do solo**

Por oferecerem fácil acesso aos recursos da natureza, principalmente a água, as áreas ripárias sempre foram alvo do interesse humano, sobretudo para fins agropecuários e habitacionais (MARTINS, 2014; MORAIS *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2016).

Assim, mesmo após a instituição das APPs pela legislação brasileira, ainda são bastante comuns os usos não autorizados nas áreas ripárias, isto é, usos que representam conflitos com o ordenamento jurídico ambiental por serem incompatíveis com a preservação da vegetação nativa, impedindo-a de cumprir as suas funções ecológicas. Muitas são as pesquisas que demonstram essa realidade, a título de exemplo, tem-se a pesquisa de Cunha, Lucena e Souza (2017), que realizaram um diagnóstico dos conflitos

de uso e ocupação do solo nas APPs urbanas do Rio Jaguaribe, em João Pessoa-PB, e verificaram que o uso predominante nessas APPs é residencial; e de Cardoso e Aquino (2013), que mapearam os usos em conflito com a legislação ambiental nas APPs ripárias da microbacia do riacho do Roncador, em Timon-MA, e constataram que 2,6 Km<sup>2</sup> (27,9%) dessas APPs apresentam usos em desacordo com a legislação, com os mais diversos fins, dentre eles: loteamento, agricultura, solo exposto edificações urbanas e rurais, indústrias e mineração.

As atividades antropogênicas que causam pressões e impactos sobre os elementos naturais podem ser retratadas pelo estudo do uso da terra, um tema básico no âmbito do planejamento ambiental (SANTOS, 2004). Nesse contexto, as geotecnologias inserem-se como ferramentas relevantes, pois viabilizam a produção de informações qualitativas e quantitativas acerca do espaço geográfico, bem como o monitoramento da cobertura e uso do solo (CUNHA; LUCENA; SOUZA, 2017; SOUZA *et al.*, 2012), minimizando o tempo, o custo e a complexidade dos trabalhos realizados em campo e em laboratório.

As geotecnologias referem-se a um conjunto de tecnologias que envolvem a coleta, o processamento, a análise e a produção de informações georreferenciadas, por meio de *hardware*, *software* e profissionais capacitados. O Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) constituem exemplos de geotecnologias com expressivo destaque nas últimas décadas (ROSA, 2005).

O Sensoriamento Remoto trata-se de uma ciência voltada à obtenção de imagens da superfície da Terra por meio da detecção e da medição quantitativa da radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos elementos terrestres (MENESES; ALMEIDA, 2012). Graças a essa ciência, diversos aspectos da paisagem podem ser registrados em escala local, regional e/ou global por uma variedade de satélites (MASCARENHAS; FERREIRA; FERREIRA, 2009) e outros equipamentos. Nos satélites, por exemplo, o tipo e a quantidade de informação registrada são determinados pelas resoluções temporal, espacial, radiométrica e espectral do sensor instalado (ABREU; COUTINHO, 2014; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2013).

Por outro lado, os SIGs são programas computacionais e equipamentos que permitem a realização de análises complexas e a produção de documentos cartográficos a partir da integração de dados de diversas fontes e da criação de bancos de dados georreferenciados (CARVALHO *et al.*, 2003; NUNES *et al.*, 2015; ROSA, 2005). Por meio dessa ferramenta, é possível agregar dados topográficos, de solo, hidrografia,

imagens de satélite, etc. e elaborar mapas temáticos de forma simples e eficiente, com economia de tempo e de recursos (ZANATA *et al.*, 2012). Existem SIGs diversos, desenvolvidos para auxiliar as diferentes tomadas de decisão (ROSA, 2013).

A associação do Sensoriamento Remoto aos SIGs, além de garantir uma rápida e econômica abordagem da cobertura e uso do solo, viabiliza a realização de análises temporais (MARINHO *et al.*, 2017; PASSOS; SALES; LIMA, 2018), sendo muito útil no monitoramento e na fiscalização ambiental (MORAIS *et al.*, 2017; SILVA, 2019). No ambiente SIG, as imagens dos sensores remotos podem ser manipuladas, por exemplo, para a identificação e cálculo do crescimento de áreas degradadas com desmatamento, impermeabilização do solo e processos erosivos (ZANATA *et al.*, 2012).

Essas geotecnologias têm facilitado o acompanhamento da conservação de áreas protegidas como as APPs, limitando a exploração desenfreada dos recursos naturais (AMARAL *et al.*, 2018). Atualmente, elas são imprescindíveis no detalhamento e mapeamento de múltiplos conflitos derivados das transformações do espaço geográfico, possibilitando diagnósticos mais precisos e o alcance de soluções mais efetivas para os problemas ambientais (CARDOSO; AQUINO, 2013).

### **2.2.1 Técnicas de processamento de imagens**

O progresso das tecnologias geoespaciais propiciou o surgimento de diversos métodos de processamento de imagens, recurso que envolve procedimentos cuja finalidade é facilitar a extração e a interpretação de informações contidas nas imagens digitais (VALE *et al.*, 2018).

No processamento de imagens de Sensoriamento Remoto orbital, os SIGs são adotados para a manipulação e análise de imagens brutas, resultando em imagens com informações específicas e realçadas (CRÓSTA, 2002; VALE *et al.*, 2018), nas quais os diferentes elementos da superfície terrestre podem ser identificados por meio de seu comportamento espectral (MENESES; ALMEIDA, 2012).

O processamento de imagens de satélite é configurado por algoritmos especializados, que disponibilizam a aplicação de diversas técnicas ao usuário (MENESES; ALMEIDA, 2012). Em estudos ambientais, a classificação digital fundamentada em dados multiespectrais é a técnica mais utilizada para a extração e

análise de informações, podendo ser supervisionada ou não-supervisionada (JENSEN, 2005).

O resultado da classificação é uma imagem digital ou mapa temático em que os *pixels* são agrupados em classes distintas, conforme padrões homogêneos de *pixels* definidos para cada classe (MENESES; ALMEIDA, 2012). A classificação não supervisionada é indicada quando o analista não possui informações prévias sobre a área de interesse na imagem (ROSA, 2013). Por outro lado, na classificação supervisionada, é necessário que o analista tenha conhecimento sobre a área de interesse para identificar as classes presentes na imagem e para fornecer amostras (áreas de treinamento) homogêneas e representativas, as quais constituem o fator mais importante desse tipo de classificação (ABBURU; GOLLA, 2015; CRÓSTA, 2002).

No meio científico e técnico, a Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood* – MaxVer) representa um classificador supervisionado adotado em larga escala para processar as imagens de Sensoriamento Remoto (RAWAT; KUMAR, 2015). Trata-se de uma classificação *pixel a pixel*, que calcula a probabilidade de um pixel pertencer a uma classe específica, admitindo que a informação presente em todas as bandas tem distribuição normal (RAWAT; KUMAR, 2015). Recentemente, a classificação por MaxVer foi indicada como um excelente método para o monitoramento da cobertura e uso do solo (MARINHO *et al.*, 2017) e também considerada uma ferramenta essencial para subsidiar o planejamento territorial e ambiental, tendo viabilizado altos níveis de precisão no mapeamento da cobertura do solo em grandes áreas (VALE *et al.*, 2018).

Dentre os métodos de classificação existentes, as imagens de sensores remotos podem ser classificadas por região, a partir da segmentação. Nesse método, não só as propriedades espectrais dos *pixels* são levadas em consideração, mas também as características presentes no entorno deles (MENESES; ALMEIDA, 2012). *Pixels* relativamente homogêneos são agrupados em segmentos cujo tamanho mínimo e limiar de similaridade são previamente especificados pelo analista (ABBURU; GOLLA, 2015; MENESES; ALMEIDA, 2012). Um grande número de pesquisas tem empregado a segmentação no processamento de imagens de Sensoriamento Remoto, inclusive, propondo novos algoritmos e modelos com capacidade de garantir o aumento da precisão desse tipo de classificação (CHEN *et al.*, 2018; HAN; WU, 2017; TENGFEI, 2019).

Além da classificação, outra técnica bastante empregada para facilitar a interpretação das imagens geradas de forma remota são os Índices de Vegetação. Esses

índices foram desenvolvidos para a obtenção de informações geográficas e ambientais, tendo como princípio a aplicação de operações aritméticas entre diferentes bandas espectrais (CARVALHO, 2017) para medir a biomassa ou o vigor vegetativo com base em valores de brilho digital (CAMPBELL; WYNNE, 2011).

Um dos índices de vegetação mais utilizados é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) (CARVALHO, 2017; SANTOS *et al.*, 2018b). Esse índice envolve a divisão da diferença pela soma das bandas da região do infravermelho próximo e do vermelho (KAWAKUBO; MORATO; LUCHIARI, 2004) e realça o contraste da radiação eletromagnética refletida nos referidos intervalos espectrais (MASCARENHAS; FERREIRA; FERREIRA, 2009). Diferentes aspectos da vegetação podem ser estudados pela aplicação do NDVI, como o índice de área foliar, a porcentagem de cobertura do solo e o estoque de carbono (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Em regiões distintas do bioma Cerrado, estudos recentes utilizaram o NDVI para quantificar e espacializar queimadas (SANTOS *et al.*, 2018b); para avaliar a relação entre resposta espectral, biomassa e estoque de carbono (SANTOS *et al.*, 2018a); e para monitorar áreas desmatadas em APPs (CARVALHO, 2017), demonstrando a relevância desse índice em processos de planejamento e gestão voltados à conservação ambiental.

### **2.3 Avaliação de impacto ambiental: breve histórico**

A partir de 1960, a preocupação com o meio ambiente intensificou-se no mundo todo devido às constantes pressões provocadas sobre a natureza, pela sociedade (BRAGA *et al.*, 2005). As transformações e a deterioração das funções ecológicas e dos recursos naturais desencadearam a necessidade de se identificar, qualificar e quantificar os impactos ambientais como parte do planejamento ambiental (SANTOS, 2004).

O impacto ambiental é considerado qualquer alteração de origem antrópica nos processos naturais ou sociais, podendo ser de caráter positivo ou negativo (BARBIERI, 1995; SÀNCHEZ, 2013). No entanto, existem diferentes definições de impacto ambiental na literatura, demonstrando uma grande variedade de interpretações entre os pesquisadores (SANTOS, 2004).

Na legislação brasileira, a Resolução CONAMA nº 01 de 1986 define o impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do

meio ambiente, provocada por qualquer matéria ou energia produzida por atividades antrópicas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar humano, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

No planejamento ambiental, processo no qual é feita a definição de critérios e a recomendação de normas a fim de que o uso do território permita aos recursos naturais suprirem tanto as demandas das gerações atuais como as demandas das gerações futuras (PHILIPPI JÚNIOR; ROMÉRO; BRUNA, 2014; SANTOS, 2004), o desenvolvimento econômico deve estar em harmonia com a manutenção da qualidade dos meios físico, biológico e social

Nesse contexto, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), um instrumento de planejamento e de gestão ambiental, teve a sua origem na Política Nacional de Meio Ambiente dos Estados Unidos (*National Environmental Policy Act – NEPA*) (PHILIPPI JÚNIOR; ROMÉRO; BRUNA, 2014). Aprovada em 1969, a NEPA entrou em vigor em janeiro de 1970 (PHILIPPI JÚNIOR; ROMÉRO; BRUNA, 2014; SÀNCHEZ, 2013) e estabeleceu a obrigatoriedade da AIA, nos Estados Unidos, para projetos privados e governamentais com o risco de causar degradação ambiental e com a necessidade de serem aprovados pelo governo federal (SÀNCHEZ, 2013).

Dessa forma, a AIA foi criada para a previsão de efeitos adversos de determinados empreendimentos e para a proposição de alternativas capazes de eliminar ou de reduzir tais efeitos, a fim de subsidiar o processo decisório de aprovação desses empreendimentos pelos órgãos competentes (BARBIERI, 1995; GLASSON; THERIVEL; CHADWICK, 2012). Embora este seja o principal uso da AIA, esta também pode ser empregada na aferição de danos ambientais resultantes de ações e de eventos já ocorridos, bem como para a valoração de perdas no meio ambiente (SÀNCHEZ, 2013).

Em virtude de sua importância e aceitação, após a sua criação, a AIA disseminou-se mundialmente, sendo incorporada às legislações de vários países (PHILIPPI; ROMÉRO; BRUNA, 2014; SÀNCHEZ, 2013) e reconhecida, por tratados internacionais, como potencialmente eficaz em prevenir danos ambientais e em promover o desenvolvimento sustentável (SÀNCHEZ, 2013). Em 1992, a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente, da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, determinou a adoção da AIA para as atividades causadoras de significativo impacto ambiental sujeitas à decisão de autoridades nacionais, consagrando-

a como um importante elemento do direito ambiental internacional (PHILIPPI JÚNIOR; ROMÉRO; BRUNA, 2014).

Na legislação brasileira, a AIA foi introduzida em 1980, como um componente do processo de aprovação de zonas industriais em áreas críticas de poluição, porém sem o estabelecimento de critérios para implementá-la (BARBIERI, 1995; PHILIPPI JÚNIOR; ROMÉRO; BRUNA, 2014). No ano seguinte, a AIA foi elencada como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente e como um pré-requisito do licenciamento ambiental (BRAGA *et al.*, 2005; BRASIL, 1981), procedimento administrativo por meio do qual são autorizadas a localização, instalação, operação e ampliação de atividades e de empreendimentos geradores de poluição ou degradação ambiental (CONAMA, 1997).

Em 1986, a Resolução CONAMA nº 01 estabeleceu as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso da AIA no Brasil. De acordo com essa resolução, para fins de licenciamento ambiental, um estudo de impacto deve incluir, no mínimo: o diagnóstico ambiental da área de influência do projeto; a previsão da magnitude e a interpretação da importância dos prováveis impactos; a definição de medidas mitigadoras; a elaboração de um programa de monitoramento (CONAMA, 1986).

Outro marco relativo à AIA no Brasil ocorreu em 1988, quando a Constituição da República, em seu Art. 225, inciso IV, parágrafo 1º, incumbiu ao poder público a responsabilidade de exigir o estudo de impacto ambiental para a instalação de obras ou de atividades potencialmente causadoras de degradação e também de dar publicidade a esse estudo (BRASIL, 1988; MILARÉ, 1994; PHILIPPI JÚNIOR; ROMÉRO; BRUNA, 2014).

A partir da criação da AIA, foram desenvolvidos diferentes mecanismos para comparar, ordenar, qualificar, quantificar, relacionar e especializar os impactos ambientais. No âmbito do planejamento e da gestão ambiental, alguns dos métodos de AIA mais utilizados por agentes públicos e privados são as listas de controle ou *check lists*, as matrizes de interação, as redes sequenciais e a sobreposição de cartas temáticas (PHILIPPI JÚNIOR *et al.*, 2014; SÀNCHEZ, 2013; SANTOS, 2004).

Não há um método específico e completo para ser adotado em um determinado estudo (ALMEIDA, 2008), pois cada método existente possui aspectos positivos e fragilidades. Assim, o método a ser utilizado depende da escolha dos especialistas

(SANTOS, 2004) e de fatores como recursos técnicos e financeiros disponíveis, tempo e finalidade, sendo comum a modificação ou a adaptação de algum dos métodos supracitados (ALMEIDA, 2008; PHILIPPI JÚNIOR; ROMÉRO; BRUNA, 2014).

#### **2.4 Protocolos de Avaliação Rápida (PARs): um método de avaliação de impactos ambientais**

Durante a década de 1970, o monitoramento das águas superficiais nos Estados Unidos era realizado por meio de amostragens e de análises quantitativas. Devido à demora e aos elevados custos das pesquisas quantitativas, na década seguinte, os órgãos ambientais reconheceram a necessidade da elaboração de métodos qualitativos de monitoramento (BARBOUR; GERRITSEN; SNYDER 1999; RODRIGUES, 2008).

Dessa forma, em 1987, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environment Protection Agency* – EPA) recomendou o desenvolvimento e a aplicação de técnicas promissoras de monitoramento biológico, além da elaboração de um guia com orientações econômicas para a identificação e a avaliação de problemas relacionados à água (BARBOUR; GERRITSEN; SNYDER, 1999; RODRIGUES, 2008).

Em atendimento à recomendação da EPA, em 1989, foi publicado o *Rapid Bioassessment Protocols* (Protocolos de Avaliação Biológica Rápida – RBPs), um documento com dados básicos para a gestão e monitoramento da qualidade hídrica e que deu origem aos primeiros PARs existentes (BARBOUR; GERRITSEN; SNYDER, 1999; PLAFKIN *et al.*, 1989).

Após essa publicação, diversos protocolos têm sido adaptados e aplicados para avaliar a qualidade ambiental de sistemas fluviais, tanto pela avaliação de atributos físicos como de atributos biológicos do corpo hídrico e/ou do seu entorno, em diversas regiões do mundo. Na Califórnia, por exemplo, foi criado o *California Rapid Assessment Method* (Método de Avaliação Rápida da Califórnia – CRAM) para avaliação e monitoramento de áreas úmidas (CWMW, 2012). Na Tasmânia, foi desenvolvida a *Rapid Appraisal of Riparian Condition* (Avaliação Rápida da Condição Ribeirinha – RARC) para a avaliação de habitats ribeirinhos (JANSEN *et al.*, 2007).

No Brasil, os PARs estão sendo aplicados em pesquisas acadêmicas voltadas à conservação de ecossistemas fluviais e indicados como um método de avaliação ambiental eficaz (RODRIGUES; CASTRO, 2008; ROSA; MAGALHÃES JÚNIOR,

2019). Dentre os diferentes estudos realizados, Minatti-Ferreira e Beaumord (2006) adequaram um protocolo para a avaliação de rios da Mata Atlântica; Rodrigues (2008) adaptou um protocolo para a aplicação em cursos d'água em campos rupestres; Barbosa Neto *et al.* (2017) aplicaram um protocolo para averiguar o estado de conservação de um trecho de zona ripária do Rio Sinharém-PE; Santos *et al.* (2015) aplicaram um protocolo para a avaliação da integridade ambiental do Ribeirão Sozinha-GO; e Rosa e Magalhães Júnior (2019) elaboraram um protocolo para a avaliação da qualidade ambiental do Ribeirão da Prata, no Parque Nacional da Serra do Gandarela-MG.

Os PARs são listas de controle com parâmetros pré-definidos, aplicados mediante inspeção visual *in loco* para a avaliação de impactos ambientais (CALLISTO *et al.*, 2002; VARGAS; FERREIRA JÚNIOR, 2012) e para o monitoramento da qualidade de sistemas hídricos (RODRIGUES; CASTRO, 2008; ROSA; MAGALHÃES JÚNIOR, 2019). Eles podem agregar indicadores relativos aos aspectos físicos e biológicos dos habitats e fornecer informações sobre a qualidade dos cursos d'água e da zona ripária, possuindo grande utilidade em diagnósticos ambientais (RODRIGUES, 2008).

Os parâmetros que compõem os PARs são baseados na premissa de que os ambientes pouco afetados por pressões antrópicas exibem melhores condições de conservação do que os ambientes muito afetados por tais pressões (MINATI-FERREIRA; BEAUMORD, 2004; MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006; RODRIGUES; CASTRO, 2008). Neste sentido, condições de mínima perturbação são tomadas como referência e um gradiente de estresse ambiental é delineado para representar locais com diferentes graus de alteração, desde pouco perturbados até muito degradados (BARBOUR; GERRITSEN; SNYDER, 1999; RODRIGUES; CASTRO, 2008).

Por meio do PAR, os impactos ambientais são avaliados pela atribuição de pontos a cada parâmetro, de modo que o valor final do protocolo corresponde ao somatório dos valores atribuídos aos parâmetros e reflete a qualidade ambiental da área estudada (CALLISTO *et al.*, 2002; ROSA; MAGALHÃES JÚNIOR, 2019).

Os PARs não são documentos rígidos, estando sujeitos a complementações, ajustes e aprimoramentos conforme as especificidades do local ou da região onde serão aplicados (ROSA; MAGALHÃES JÚNIOR, 2019). O modelo do PAR deve ser escolhido de acordo com a finalidade da avaliação (BARBOUR; GERRITSEN; SNYDER, 1999; RODRIGUES; CASTRO, 2008). Trata-se de um método com aplicação simplificada, de fácil interpretação e de baixo custo, possuindo grande potencial para ser adotado no

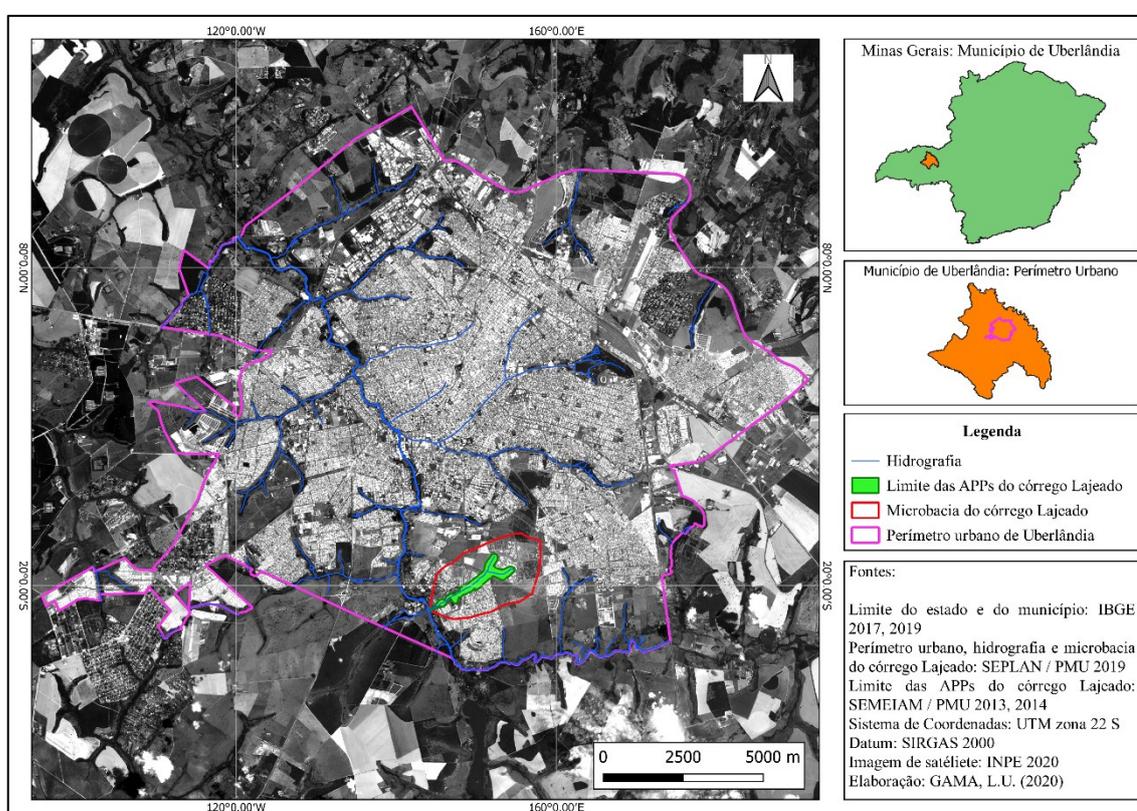
gerenciamento ambiental executado por órgãos públicos (COSTA *et al.*, 2018; ROSA; MAGALHÃES JÚNIOR, 2019; VARGAS; FERREIRA JÚNIOR, 2012).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo é representada pelas APPs do córrego Lajeado, também conhecido como córrego da Laje ou da Lagoinha, e está localizada no setor sul da cidade de Uberlândia, Minas Gerais (Figura 1).

**FIGURA 1** – Localização das Áreas de Preservação Permanente (APPs) da microbacia hidrográfica do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG.



O setor sul de Uberlândia caracteriza-se por uma região em intensa expansão urbana, onde a falta de planejamento adequado e a contínua implantação de empreendimentos urbanos e comerciais têm exposto os cursos d'água a problemas ambientais, como a perda de Áreas de Preservação Permanente, o surgimento de processos erosivos e transtornos ocasionados à população devido a inundações em períodos chuvosos (BORGES; OLIVEIRA, 2018).

Segundo a classificação de Köppen, Uberlândia apresenta clima do tipo Cwa, ou seja, um clima úmido subtropical, com inverno seco e verão chuvoso (ALVARES *et al.*, 2013). Sua temperatura média anual é de 22,6° C e sua pluviosidade média anual é de 1.507 mm (PETRUCCI; OLIVEIRA, 2019).

A cidade está inserida no Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central (AB'SABER, 1970). Assim como a maior parte da mesorregião do Triângulo Mineiro, pertence à Bacia Sedimentar do Paraná e é constituída pelos seguintes litotipos Mesozóicos: arenitos da Formação Botucatu, basaltos da Formação Serra Geral e rochas sedimentares do Grupo Bauru (NISHIYAMA, 1989). Em sua porção sul, ocorre relevo típico de chapada, suavemente ondulado, com vales espaçados e raros. A altitude varia de 700 a 900 metros e a vegetação natural predominante é típica do bioma Cerrado (CARRIJO; BACCARO, 2000).

O córrego Lajeado é um dos afluentes urbanos da margem direita do rio Uberabinha, tendo extensão aproximada de 3,23 km e uma microbacia hidrográfica que abrange cerca de 6,71 km<sup>2</sup> (SOARES; NISHIYAMA; SILVA, 2016). No alto curso, apresenta dois canais de 1ª ordem, que se unem sob o Anel Viário Setor Sul e seguem como um único canal até a foz (SOARES; NISHIYAMA; SILVA, 2016).

Do alto ao médio curso, as suas margens são naturalmente ocupadas pela fitofisionomia vereda, em um trecho de 1.786 metros de comprimento (SOARES; NISHIYAMA; SILVA, 2016). Além de acompanhar mais da metade do córrego, a vereda atinge o limite de 215 metros de largura, sendo composta por espécies vegetais higrófilas, como a palmeira *Mauritia flexuosa* L.f. (Buriti) (SOARES; NISHIYAMA; SILVA, 2016). A jusante da vereda, o leito do curso d'água encontra-se estabelecido nos basaltos da Formação Serra Geral, ao longo de 1.250 metros, onde ocorre a fitofisionomia mata de galeria (SOARES; NISHIYAMA; SILVA, 2016).

Atualmente, a bacia hidrográfica do córrego Lajeado é formada por glebas e 12 loteamentos, sendo eles: Loteamento Fechado Golden Village, Loteamento Fechado Terras Altas, Cyrela Landscape Residencial dos Ipês, Cyrela Landscape Residencial dos Buritis, Jardim Sul, Park dos Jacarandás I, Park dos Jacarandás II, Shopping Park I, Shopping Park II, Park dos Ipês, Park dos Ipês II, Gávea Sul, Residencial Jardins e Sítios de Recreio Ibiporã (comunicação pessoal Prefeitura Municipal de Uberlândia, 2019).

### 3.2 Material usado

Durante a realização da presente pesquisa, os *softwares* usados foram: AutoCAD 2017; *Google Earth Pro* versão 7.3, gratuita; QGis versão 3.10, gratuita; e ENVI CLASSIC versão 5.2, disponível no Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Uberlândia.

Como material de apoio foram utilizados:

- GPS *Garmin*;
- câmera digital *Motorola G5S Plus 13.0 mp*;
- trena Disma de 50 metros;
- perfilados de alumínio;
- vetor do limite do estado de Minas Gerais e vetor do município de Uberlândia, obtidos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- vetor do limite da cidade de Uberlândia e vetor da microbacia e da hidrografia do córrego Lajeado, obtidos junto à PMU, a partir do mapa base municipal;
- levantamento topográfico das APPs do córrego Lajeado, em formato DWG, cedido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMEIAM);
- fotografia aérea ortorretificada contendo a área de estudo, em formato ECW, cedida pela Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU);
- imagens do satélite CBERS 4 e do satélite CBERS 4A contendo a área de estudo, adquiridas, gratuitamente, no Catálogo de Imagens, no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE);
- imagens históricas do *Google Earth Pro*.

### 3.3 Pré-processamento das imagens de satélite

As imagens do satélite CBERS 4, obtidas junto ao INPE, foram registradas pelo sensor PAN em 24/08/2015 e em 17/03/2020, com cobertura máxima de nuvens de 20%, resolução espacial de 10 metros e resolução radiométrica de 8 bits. Tais imagens foram utilizadas neste estudo a fim de se estabelecer uma análise temporal da cobertura e uso do solo. A opção por uma imagem de 2015, para a análise temporal, deveu-se ao fato de ter sido a imagem mais antiga, da área de interesse, registrada pelo satélite CBERS 4.

Para essas duas imagens, foi gerada uma composição RGB falsa cor com as bandas 3 (vermelho – 0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$ ), 4 (infravermelho – 0,77 a 0,89  $\mu\text{m}$ ) e 2 (verde – 0,52 a 0,59  $\mu\text{m}$ ), seguida da aplicação de realce linear 2%, no *software* ENVI (Figuras 2 e 3).

**FIGURA 2** – Imagem do satélite CBERS 4, de 24/08/2015, após composição RGB falsa cor e realce linear 2%, no *software* ENVI. Visualização nas janelas (A) *scroll*; (B) *image*; (C) *zoom*.



Fonte: INPE (2015).

**FIGURA 3** – Imagem do satélite CBERS 4, de 17/03/2020, após composição RGB falsa cor e realce linear 2%, no *software* ENVI. Visualização nas janelas (A) *scroll*; (B) *image*; (C) *zoom*.



Fonte: INPE (2020).

Já a imagem do satélite CBERS 4A, também obtida junto ao INPE, foi registrada pelo sensor WPM, em 13 de junho de 2020, com 0% de cobertura de nuvens, resolução radiométrica de 10 bits, banda pancromática com resolução espacial de 2 metros e bandas multicromáticas com resolução espacial de 8 metros. A referida imagem foi utilizada neste estudo com a finalidade de se calcular o percentual de vegetação ciliar, de vegetação exótica e de área impermeabilizada nas APPs do córrego Lajeado, visando à avaliação dos parâmetros 1.1, 1.2 e 4.1 do PAR (Anexo A).

Para essa imagem, no *software* QGIS, foi gerada uma composição RGB falsa cor usando as bandas 3 (vermelho – 0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$ ), 4 (infravermelho – 0,77 a 0,89  $\mu\text{m}$ ) e 2 (verde – 0,52 a 0,59  $\mu\text{m}$ ), seguida de uma fusão com a banda pancromática (Figura 4). Na composição RGB, foi aplicado o comando *raster* > miscelânea > mesclar e na fusão, foi aplicado o método IHS (*Intensity-Hue-Saturation*) pelo comando processar > caixa de ferramentas > GDAL > miscelânea de *raster* > *pansharpening*.

**FIGURA 4** – Recorte da área de estudo na imagem do satélite CBERS 4A, de 13/06/2020, após composição RGB falsa cor e fusão com a banda pancromática, no *software* QGIS.



Fonte: INPE (2020).

### 3.4 Demarcação das APPs

O levantamento topográfico das APPs do córrego Lajeado foi realizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, em 2013 e em 2014, com GPS *Spectra Precision Epoch 10 L1*, utilizando o Sistema de Coordenadas UTM e o *Datum SAD 69*. Esse levantamento foi posteriormente convertido para SIRGAS 2000, exceto no trecho entre as avenidas Nicomedes Alves dos Santos e Argemiro Evangelista Ferreira, bem como no trecho compreendido pelos Sítios de Recreio Ibiporã.

Nos dois trechos mencionados, a delimitação da APP foi executada mediante a criação de vetores no *software* AutoCAD. No caso do primeiro trecho, o vetor APP foi projetado por meio do comando *offset*, tendo como referência o limite do espaço brejoso da vereda, o qual foi traçado com a ferramenta *polyline*. Para a visualização desse limite,

foi utilizada a fotografia aérea ortorretificada, capturada em 2016, com resolução espacial de 10 centímetros. No caso do segundo trecho, o vetor APP também foi projetado por meio do comando *offset*, porém, utilizando-se o vetor hidrografia do córrego Lajeado como referência, em função das características do solo e da vegetação presentes no local.

Na demarcação das APPs com GPS, bem como na produção do vetor APP, foram respeitadas as medidas estabelecidas pela legislação ambiental em vigor no período em que os loteamentos da microbacia hidrográfica do córrego Lajeado foram aprovados. Esse cuidado foi tomado, tendo em vista que as leis passaram por alterações ao longo do tempo e que, em Uberlândia, existem loteamentos consolidados, cujas medidas das APPs não estão em conformidade com as normas atuais, porém encontram-se adequadas às leis vigentes na data em que o parcelamento do solo foi aprovado.

No município de Uberlândia, a lei ambiental vigente caracteriza-se pela Lei Ordinária nº 10.700, de 09 de março de 2011, que dispõe sobre a proteção, controle e conservação do meio ambiente (UBERLÂNDIA, 2011), revogando a Lei Complementar nº 17, de 04 de dezembro de 1991 (UBERLÂNDIA, 1991). Assim como a lei revogada, a Lei nº 10.700/2011 vigora em consonância com as normas ambientais federais.

Assim, nos locais com presença de vereda, a APP foi delimitada com largura mínima de 50 metros, em projeção horizontal, a partir do espaço brejoso e encharcado. Nos locais com afloramentos do lençol freático, a APP foi delimitada pela projeção de um raio com largura mínima de 50 metros. Nos locais com presença de mata de galeria não inundável, exceto nos Sítios de Recreio Ibiporã, a APP foi delimitada com largura mínima de 30 metros, em projeção horizontal. Nos Sítios de Recreio Ibiporã, loteamento mais antigo, aprovado em 25/03/1977, a APP foi traçada com largura de 5 metros, medida mínima que, na data mencionada, era exigida pela lei federal para os rios com menos de 10 metros de largura.

### **3.5 Processamento das imagens de satélite**

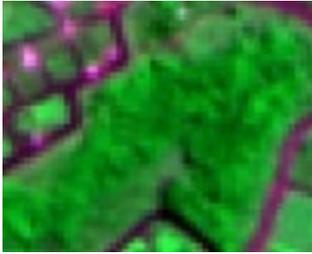
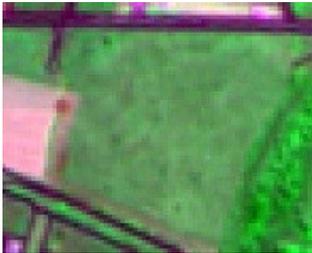
As imagens do satélite CBERS 4 de 2015 e de 2020 foram processadas no *software* ENVI, aplicando-se, com o propósito comparativo, duas técnicas de classificação digital vastamente empregadas em estudos de cobertura e uso do solo: a MaxVer e a segmentação dos valores de NDVI.

Previamente ao processamento das imagens de satélite, visitas a campo foram realizadas para o conhecimento da área de estudo e para a definição das classes de cobertura e uso do solo. As visitas foram realizadas em fevereiro e março de 2020, sendo registradas fotografias das paisagens com câmera digital, em pontos georreferenciados com GPS de navegação.

### 3.5.1 Classificação pela Máxima Verossimilhança

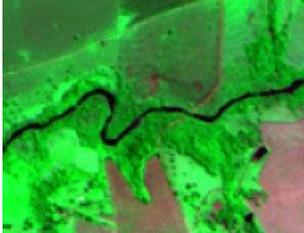
Para classificar as imagens de 2015 e de 2020 do satélite CBERS 4, pelo método MaxVer, foi realizada a definição e a seleção das classes de cobertura e uso do solo, com base nos critérios básicos de fotointerpretação da Tabela 1, nas fotografias georreferenciadas registradas e em análises visuais dessas imagens e das imagens históricas do *Google Earth Pro*. As classes definidas foram: vegetação ciliar, pastagem, solo exposto, edificação, área queimada e água (Tabela 1).

**TABELA 1** – Critérios para a identificação das classes de cobertura e uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG.

Classes	Características das classes	Critérios de interpretação na imagem	Imagem CBERS (composição 3R4G2B)
Vegetação ciliar	Vegetação densa, representada principalmente por espécies das fitofisionomias vereda e mata de galeria.	Textura rugosa. Tonalidades verde escuras, forma irregular.	
Pastagem	Vegetação predominantemente rasteira (gramíneas) e exótica.	Textura predominantemente lisa. Tonalidades verde claras. Forma mista.	
Solo exposto	Solo descoberto, sem a presença de vegetação ou construções.	Textura lisa. Tonalidades laranja. Forma mista (regular em vias e irregular em erosões).	

... continua

**TABELA 1, Cont.**

Edificação	Moradias, estabelecimentos comerciais, vias asfaltadas e áreas concretadas.	Textura rugosa. Cor branca e tonalidades magenta. Forma mista.	
Área queimada	Cobertura vegetal que sofreu ação do fogo.	Textura lisa. Tonalidades magenta escuras. Forma irregular.	
Água	Curso d'água, represamento.	Textura lisa. Cor preta e azul. Forma irregular.	

Fonte: A autora.

Para cada classe, foram selecionadas amostras (áreas de treinamento) estratégicas em diferentes pontos da imagem, preocupando-se com o fator homogeneidade. A seleção das amostras foi realizada mediante aplicação do comando *basic tools > regions of interest > roi tool*. Em seguida, a classificação foi executada por meio do comando *classification > supervised > maximum likelihood*.

A efetividade/pureza das classes foi avaliada com base nas inspeções de campo, consulta às imagens do *Google Earth Pro* e observação dos padrões de tonalidade, textura e forma das amostras de treinamento, segundo os critérios de fotointerpretação. Com o intuito de se alcançar um resultado melhor na classificação das imagens, o procedimento foi repetido várias vezes, alterando-se o número, o tamanho e a localização das amostras. A cada classificação foi feita análise qualitativa visual e quantitativa pela verificação do índice *Kappa*. Na ocorrência de baixo índice *Kappa* e distorção visual das classes, por falhas como confusão espectral, amostras pontuais foram alteradas, realizando-se novas classificação e análise até a obtenção de um desempenho satisfatório (Tabela 2).

**TABELA 2** – Índice *Kappa* e o seu correspondente desempenho de classificação.

<b>Índice <i>Kappa</i></b>	<b>Desempenho</b>
< 0,00	Péssimo
0,00 < K ≤ 0,20	Ruim
0,20 < K ≤ 0,40	Razoável
0,40 < K ≤ 0,60	Bom
0,60 < K ≤ 0,80	Muito bom
0,80 < K ≤ 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Por fim, a área e o percentual das classes encontradas nas APPs foram calculados pela construção e aplicação de máscaras a partir dos comandos *basici tools > masking > build mask*; *basici tools > masking > apply mask* e *basic tools > statistics > comput statistics*.

### 3.5.2 Segmentação dos valores de NDVI

Para classificar as imagens de 2015 e de 2020 do satélite CBERS 4, por meio do método de segmentação, o NDVI foi calculado, aplicando-se o comando *basic tools > band math*, mediante o uso das bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho) das imagens e da Equação 1, proposta por Rouse *et al.* (1974):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR-} - \rho_R}{\rho_{NIR+} + \rho_R} \quad (1)$$

em que  $\rho_{NIR-}$  representa a reflectância da banda do infravermelho próximo e  $\rho_R$  representa a reflectância da banda do vermelho.

O NDVI compreende valores que variam de -1 a 1. Quando próximos de 1, os valores correspondem às áreas de vegetação densa; quando próximos de 0, representam vegetação rala e solo exposto; e quando negativos, constituem áreas completamente desprovidas de vegetação, especialmente feições como queimadas e corpos d'água (MENESES; ALMEIDA, 2012; SANTOS *et al.*, 2018b).

Após o cálculo do NDVI, os valores desse índice foram segmentados em intervalos de dados correspondentes às classes definidas na classificação pela MaxVer, visando-se à comparação das duas técnicas de classificação adotadas neste estudo. O processo de segmentação foi realizado mediante o uso do comando *tools > color mapping > density slice*, testando-se empiricamente os intervalos dos valores de NDVI até a obtenção de classes com um resultado semelhante às condições observadas em campo e em imagens do *Google Earth Pro* do mesmo período e do mesmo ano em análise.

Finalizado o processo de segmentação, a área e o percentual das classes produzidas nas APPs foram calculados a partir dos comandos usados para a construção e aplicação de máscaras descritos no item 3.5.1.

### 3.6 Acurácia das classificações

A acurácia da classificação temática resultante da MaxVer e da segmentação dos valores de NDVI foi verificada pelo cálculo do índice *Kappa*, um método bastante adotado para esse fim (MENESES; ALMEIDA, 2012).

O índice *Kappa* (*k*) é expresso por meio da Equação 2:

$$k = \frac{[n \cdot \sum_{i=1}^r x_{ij} - \sum_{i=1}^r (x_i \cdot x_j)]}{[n^2 - \sum_{i=1}^r (x_i \cdot x_j)]} \quad (2)$$

em que *k* é o Índice *Kappa*; *r* é o número de linhas contidas na matriz; *x<sub>ij</sub>* é o número de observações na linha (*i*) e coluna (*j*);  $\sum_{i=1}^r x_{ij}$  é a soma dos elementos da diagonal principal da matriz de confusão; *x<sub>i</sub>* é o total de observações na linha; *x<sub>j</sub>* é o total de observações na coluna; e *n* é o número total de observações (ANDRADE MELO; SILVA, 2019; VALE *et al.*, 2018).

O referido índice, obtido a partir da matriz de confusão, permite analisar a classificação de acordo com os dados de referência, podendo variar de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, melhor é a qualidade dos dados classificados, sugerindo um processo de classificação altamente eficiente (Tabela 2).

Para a verificação da acurácia das classificações, amostras de validação foram selecionadas de acordo com os critérios de fotointerpretação da Tabela 1, tendo como auxílio as fotografias registradas em campo e as imagens históricas do *Google Earth Pro*.

As amostras utilizadas para a verificação da acurácia da MaxVer e da segmentação dos valores de NDVI foram as mesmas. Após a seleção dessas amostras, a matriz de confusão foi produzida por meio do comando *classification > post classification > confusion matrix > using ground truth rois*.

### **3.7 Mapas e análises da cobertura e uso do solo**

Os mapas de cobertura e uso do solo foram produzidos no *software* QGis. Para tal, as imagens de satélite classificadas foram importadas, georreferenciadas na projeção UTM, *datum* SIRGAS 2000, fuso 22 sul, e convertidas em *shapefile* mediante o comando *raster > converter > raster* para vetor (poligonizar). Em seguida, o *layout* dos mapas foi produzido por meio do compositor de impressão.

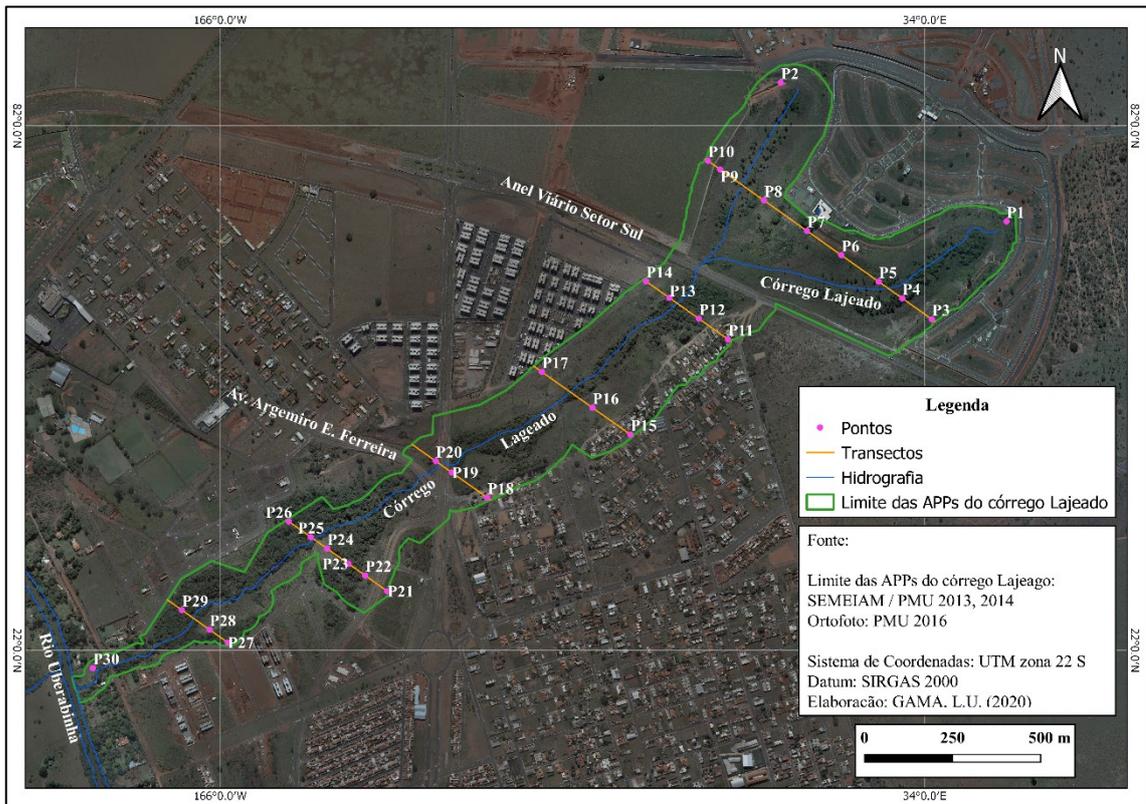
As análises quanto à cobertura e uso do solo foram realizadas com base nas medidas estabelecidas pela legislação ambiental vigente no período em que os loteamentos da microbacia hidrográfica do córrego Lajeado foram aprovados, tendo em vista que a lei federal de proteção da vegetação nativa passou por diferentes alterações desde a publicação de sua primeira redação. Vale mencionar que tais análises ocorreram previamente à publicação da Lei nº 14.285/2021, a qual alterou a Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012) para dispor sobre as APPs de cursos d'água localizados em áreas urbanas consolidadas (BRASIL, 2021).

### **3.8 Avaliação de impactos ambientais**

A avaliação dos impactos ambientais negativos nas APPs do córrego Lajeado foi utilizada no diagnóstico ambiental para complementar as investigações relativas ao uso do solo, permitindo o reconhecimento de locais com prioridade para recuperação.

Para o desenvolvimento dessa etapa da pesquisa, a área de estudo foi dividida em três trechos, considerando a existência de duas travessias sobre o córrego. O Trecho 1 compreendeu a área da nascente, desde os dois canais de 1ª ordem até o Anel Viário Setor Sul, o Trecho 2 compreendeu a área entre o Anel Viário Setor Sul e a avenida Argemiro Evangelista Ferreira e o Trecho 3 compreendeu a área entre a avenida Argemiro Evangelista Ferreira e a foz do córrego Lajeado (Figura 5).

**FIGURA 5** – Localização dos pontos amostrais para a avaliação de impacto ambiental nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG.



Em cada trecho, foram amostrados 10 pontos, totalizando 30 pontos distribuídos ao longo da área de estudo (Figura 5). A distribuição dos pontos foi executada no programa AutoCAD, utilizando-se a ferramenta *polyline* para a inserção seis de transectos equidistantes sobre as APPs; o comando *offset* para determinar a distância (de 382, 61 metros) entre os transectos; e o comando *circle* para a criação dos pontos. Em cada extremidade da área, foi alocado um ponto, enquanto os demais pontos foram distribuídos ao longo dos transectos, sem o estabelecimento de uma distância fixa entre eles. As coordenadas dos pontos foram anotadas para posterior localização em campo.

As inspeções de campo foram realizadas em fevereiro e março de 2020, promovendo-se a demarcação dos pontos com GPS portátil e a obtenção de fotografias com câmera digital. Nessas inspeções, os impactos ambientais negativos presentes nas APPs foram avaliados mediante aplicação de um PAR.

O PAR adotado neste estudo (Anexo A) consistiu em uma adaptação dos indicadores e parâmetros de degradação de cursos d'água urbanos propostos por Freitas-Filho (2010). Dentre os 5 indicadores e 17 parâmetros propostos por esse autor, foram

selecionados e adaptados 4 indicadores e 7 parâmetros, com foco na avaliação de impactos na zona ribeirinha (Tabela 3).

**TABELA 3** – Indicadores e parâmetros para a avaliação de impactos ambientais negativos nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG.

Indicadores	Parâmetros
<p><b>1.</b> Vegetação ciliar: visa retratar o estado e a formação vegetal presente em APP.</p>	<p><b>1.1.</b> Corte ou remoção da vegetação: retrata a integridade da vegetação ciliar (nativa ou exótica).</p> <p><b>1.2.</b> Substituição parcial ou total da vegetação nativa por espécies exóticas (herbáceas, arbustivas e arbóreas): retrata a formação vegetal presente na APP.</p>
<p><b>2.</b> Erosão e assoreamento: visa retratar a situação da APP em função da presença de processos erosivos, sedimentos e lançamento de águas pluviais urbanas.</p>	<p><b>2.1.</b> Presença de processos erosivos visíveis: retrata processos os erosivos visuais quanto à dimensão, à estabilidade e risco de exposição do lençol freático.</p> <p><b>2.2.</b> Presença de sedimentos: retrata a quantidade de sedimentos (material particulado fino, de origem rochosa, como terra e areia).</p> <p><b>2.3.</b> Presença de lançamentos de águas pluviais urbanas: retrata a existência de estruturas de dissipação de energia hidráulica e a eficácia destas.</p>
<p><b>3.</b> Poluição: visa retratar a qualidade e quantidade de poluentes descartados em APP.</p>	<p><b>3.1.</b> Presença de resíduos sólidos: retrata a quantidade e qualidade de resíduos sólidos de atividades antrópicas.</p>
<p><b>4.</b> Edificação: visa retratar a quantidade das diversas construções (infraestrutura, moradias e outras) em APP.</p>	<p><b>4.1.</b> Presença de edificação: retrata a quantidade de área impermeabilizada em decorrência de edificações habitacionais, comerciais e industriais e de infraestrutura pública (vias, praças, rede de esgoto, etc).</p>

Fonte: Freitas-Filho (2010), adaptado.

A adaptação no PAR envolveu ajustes na descrição dos indicadores e parâmetros, assim como nos percentuais utilizados. Vale destacar que o parâmetro lançamento de águas pluviais, proposto por Freitas-Filho (2010) como indicador de poluição do curso d'água, foi enquadrado como indicador de erosão e assoreamento nas APPs (Tabela 3). Já os dois parâmetros relativos ao indicador edificação foram aglutinados em um único

parâmetro, pois neste trabalho visou-se avaliar a quantidade da impermeabilização, independentemente da natureza desta (Tabela 3).

Os percentuais do indicador vegetação ciliar (Anexo A) foram modificados com fundamento no estudo realizado por Rodrigues (2008), no bioma Cerrado. A autora classificou como ótima a situação na qual a zona ripária apresentou 90% ou mais de vegetação nativa, como boa a situação quando a zona ripária apresentou de 70 a 90% de vegetação nativa, como regular a situação quando a zona ripária apresentou de 50 a 70% de vegetação nativa ou exótica e como péssima a situação quando a zona ripária apresentou menos de 50% de vegetação.

A definição dos percentuais do parâmetro 1.4 (presença de edificação) (Anexo A) foi feita com referência na Resolução CONAMA nº 369/2006, que em seu Art. 8º, inciso III, limitou a 5% a impermeabilização para implantação de área verde de domínio público em APPs urbanas (CONAMA, 2006). No Art. 11º, parágrafo 2º, da mesma resolução, também foi limitada a 5% a intervenção ou supressão de vegetação em APP, em casos de atividades e obras de baixo impacto ambiental (CONAMA 2006).

Em cada ponto da área de estudo, o PAR foi aplicado, avaliando-se um raio de 10 metros no entorno do ponto. Para minimizar a subjetividade na avaliação dos parâmetros 1.1, 1.2 e 4.1, o percentual de área afetada em relação à área total do ponto foi calculado conforme proposto por Freitas-Filho (2010), que utilizou fotografia aérea para esse procedimento.

No presente estudo, o referido cálculo foi realizado utilizando-se a imagem de alta resolução do satélite CBERS 4A (Figura 4), no *software* QGis. O levantamento dos dados foi executado criando-se *buffers* com raio de 10 metros e selecionando-se as seguintes classes de uso do solo: vegetação nativa, vegetação exótica, edificação e outros (água, solo exposto). Tais classes foram selecionadas manualmente na região dos *buffers*, a partir de análise visual da imagem do satélite CBERS 4A e utilizando como auxílio os critérios de fotointerpretação da Tabela 1, as fotografias registradas em campo e a imagem de 2020 do *Google Earth Pro*. A vegetação nativa foi equivalente à vegetação ciliar dos critérios de fotointerpretação, enquanto a vegetação exótica foi equivalente à pastagem.

Destarte, a vegetação nativa correspondeu à vegetação ciliar da Tabela 1 e a vegetação exótica correspondeu à pastagem. Para a criação dos *buffers*, foi usado o comando vetor > geoprocessamento > *buffer* e para a criação das classes, foi usado o comando propriedades > formulário de atributos > tipo de uso > tipo de objeto > mapa de

valores. Durante a seleção dos usos do solo, a ferramenta aderência foi ativada para impedir a sobreposição das camadas (classes). Após a seleção de todas as classes, os erros de topologia foram corrigidos por meio do comando vetor > verificador de topologia. Por fim, a área das classes presentes em cada *buffer* foi obtida utilizando-se a ferramenta calculadora de campo da tabela de atributos.

Além da avaliação executada com o uso da imagem de satélite, os parâmetros 1.1, 1.2 e 4.1 (Anexo A) foram avaliados de forma rápida em campo, em uma área de 1 m<sup>2</sup>, com o propósito de se comparar os resultados obtidos. Para a avaliação rápida em campo, foi efetuada a localização do ponto amostral com GPS, demarcando-se, no entorno dele, a área de 1 m<sup>2</sup>, com o uso de quatro perfilados de alumínio conectados pelas extremidades, cada um com 1 m de comprimento (Figura 6). No interior da área amostral, foi executada a coleta de dados medindo-se, com o auxílio de trena, a vegetação nativa, a vegetação exótica e as edificações (área impermeabilizada) (Figura 6). Posteriormente, o cálculo do percentual de área ocupada pelo parâmetro em relação à área total amostrada foi realizado em laboratório.

**FIGURA 6** – Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG. Coleta de dados na área demarcada com perfilados de alumínio (A). Anotação de dados e atribuição de pontos aos parâmetros do protocolo (B).



Fonte: A autora.

Na área de estudo, a aplicação do PAR consistiu na observação da situação ambiental nos 30 pontos amostrais e na atribuição de valores de 0 a 3 aos parâmetros do Anexo A, com 0 indicando impacto inexistente, 1 indicando baixo impacto, 2 indicando médio impacto e 3 indicando alto impacto (DALLA COSTA; POMPÊO, 2008). A quantificação do grau dos impactos visou à identificação de áreas críticas de degradação e à proposição de medidas de recuperação ambiental para remediar os impactos (DALLA COSTA; POMPÊO, 2008).

Não foram atribuídos pesos à pontuação dos parâmetros e, de forma semelhante a outros modelos de PAR, o resultado final da avaliação caracterizou-se pelo somatório da pontuação dos parâmetros do trecho estudado, indicando a qualidade ambiental desse trecho (CALLISTO *et al.*, 2002; PADOVESI-FONSECA *et al.*, 2010; RODRIGUES, 2008; RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008; VARGAS; FERREIRA JÚNIOR, 2012).

As pontuações finais do protocolo (somatório do trecho) foram categorizadas estabelecendo-se um gradiente de qualidade ambiental, que variou de ótimo a péssimo. Sabendo-se que a qualidade do ambiente reduz com o aumento das condições estressantes às quais ele é submetido, as melhores situações dos parâmetros corresponderam a uma ótima qualidade ambiental enquanto as piores situações equivaleram a uma péssima qualidade ambiental (BARBOUR; GERRITSEN; SNYDER, 1999; RODRIGUES, 2008; RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008). Assim, para cada trecho estudado, a pontuação 0 indicou uma qualidade ambiental ótima, a pontuação de 1 a 70 pontos indicou uma qualidade ambiental boa, a pontuação de 71 a 140 pontos indicou uma qualidade ambiental ruim e a pontuação de 141 a 210 pontos indicou uma qualidade ambiental péssima.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise da classificação pela MaxVer

A partir da classificação pela MaxVer, as classes de cobertura e uso do solo nas APPs do córrego Lajeado identificadas na imagem do satélite CBERS 4 de 2015 (capturada no período seco) foram: água, queimada, edificação, solo exposto, pastagem e vegetação ciliar. Na imagem de 2020 (capturada no período chuvoso), foram identificadas as mesmas classes mencionadas, exceto queimada. A Figura 7 ilustra a classificação das imagens de 2015 e de 2020 pelo método MaxVer.

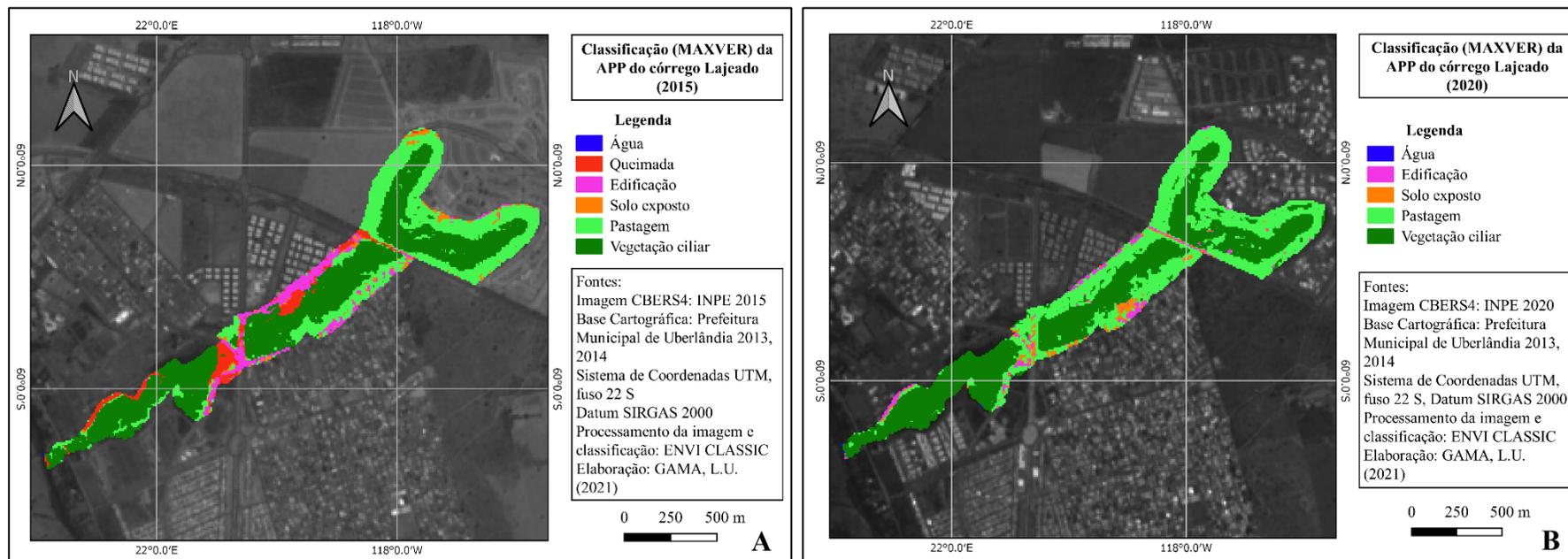
O índice *Kappa* resultante da classificação da imagem de 2015 foi de 0,98 e da imagem de 2020 foi de 0,99 (Anexos B e C), valores que correspondem a um excelente desempenho de classificação, segundo Landis e Koch (1977).

Na imagem de 2015, a maior falha na classificação ocorreu com a classe queimada, que apresentou 3,73% (41 de 1.098 pixels classificados) de confusão espectral por erro de comissão com as classes edificação e água. O maior erro de omissão ocorreu com a classe edificação, que apresentou um total de 3,14% (88 de 2.807 pixels classificados) de confusão espectral com solo exposto, queimada e pastagem (Anexo B).

Na imagem de 2020, a maior falha na classificação ocorreu com a classe edificação, que apresentou 3,45% (42 de 1.219 pixels classificados) de erro espectral por comissão com a classe água. Já o maior erro de omissão ocorreu com a classe água, que apresentou um total de 1,53% (43 de 2.813 pixels classificados) de confusão espectral com as classes edificação e vegetação ciliar (Anexo C).

De modo geral, as confusões espectrais mencionadas aconteceram em virtude da existência de tonalidades semelhantes entre as classes, o que dificulta a diferenciação das feições. Além disso, a repetição de alvos naturais e sintéticos e a heterogeneidade de tamanhos, formas e composições presentes nas imagens orbitais são fatores que podem gerar confusão espectral durante o processo de classificação digital (SILVA; ANDRADE; PACHECO *et al.*, 2016).

**FIGURA 7** – Mapa temático do uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, resultante da classificação das imagens de satélite de 2015 (A) e de 2020 (B) pela Máxima Verossimilhança.



Nas imagens de 2015 e de 2020, a classe que apresentou o menor percentual de área foi a água, pois o curso d'água não se encontra bem definido na vereda e, na mata de galeria, ele fica encoberto pela vegetação arbórea. Nas visitas a campo, foram observadas bacias de retenção na vereda, implantadas para o recebimento de águas pluviais durante o período chuvoso. As águas presentes nessas bacias estavam turvas e certamente não apareceram na imagem classificada de 2020 (referente à estação chuvosa) em decorrência de confusão espectral e da resolução espacial da própria imagem.

Tanto em 2015 como em 2020, a classe de cobertura e uso do solo predominante foi a vegetação ciliar, ocupando 52,73% e 53,3% das APPs do córrego Lajeado, respectivamente (Tabela 4 e Figura 8). Embora a vegetação nativa tenha sido a classe prevalecente em ambos os anos analisados, ela foi removida de aproximadamente metade das APPs enquanto deveria estar totalmente preservada para cumprir de forma plena as suas funções ecológicas de proporcionar proteção ao solo, atuar na manutenção da quantidade e da qualidade hídrica, oferecer abrigo e alimento à fauna, regular o microclima, dentre outras.

Assim como observado neste estudo, uma grande quantidade de pesquisas mostra que a ocorrência de diferentes usos do solo nas APPs ripárias impossibilita a preservação efetiva da vegetação ciliar (ALVES; MARTINS; SCOPEL, 2020; ANDRADE; MELO; SILVA, 2019; CUNHA LUCENA; SOUZA, 2017; NUNES *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2019; TSUJII *et al.*, 2014). Vale mencionar que a própria legislação ambiental permite algumas intervenções em APP, por serem consideradas atividades ou obras de utilidade pública, de interesse social e de baixo impacto, porém, muitas dessas intervenções também contribuem para a degradação da vegetação ciliar.

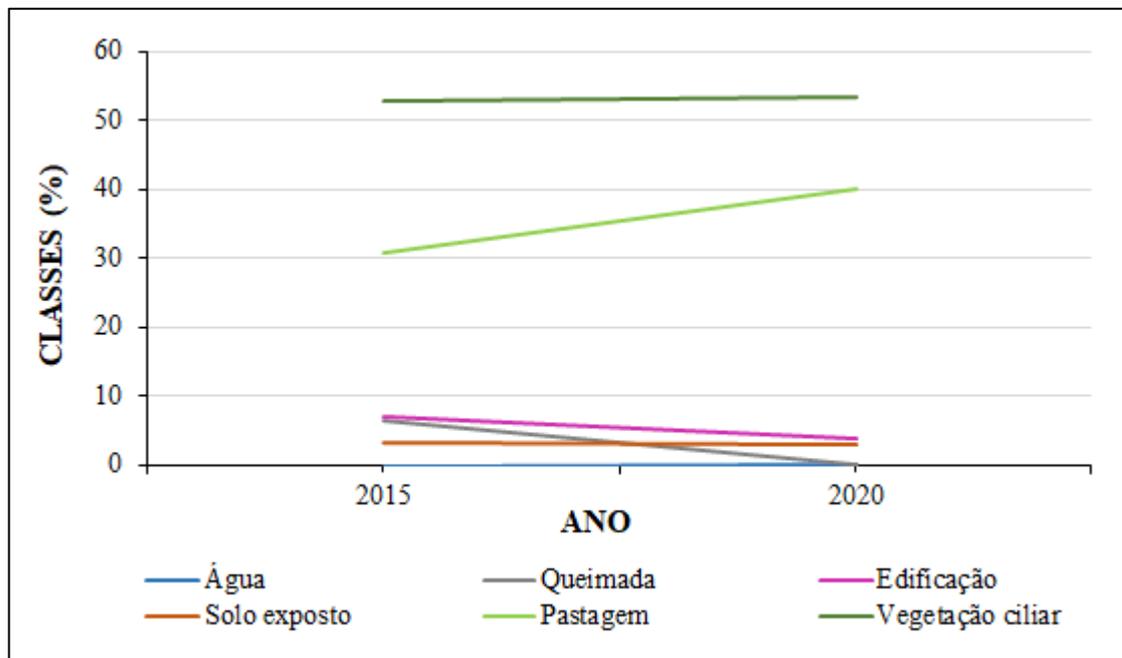
Os tipos de uso do solo em conflito com a legislação ambiental federal e municipal detectados nas imagens de satélite contendo as APPs do córrego Lajeado foram: queimada (somente em 2015), edificação, solo exposto e pastagem (ativa pela presença de gado). A classificação pela MaxVer mostrou que entre 2015 e 2020, houve uma redução de 5.200 m<sup>2</sup> (0,61%) de áreas ocupadas por usos do solo em conflito com a legislação ambiental (Tabela 4 e Figura 8). A redução desses usos ocorreu nas classes solo exposto, edificação e queimada, com provável conversão em pastagem, a classe que apresentou maior aumento nas APPs (Tabela 4 e Figura 8).

**TABELA 4** – Mudanças no uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG, obtidas pela classificação das imagens de satélite de 2015 e de 2020 pela Máxima Verossimilhança.

Ano	2015		2020		2015 - 2020	
Classes	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)	Variação (m <sup>2</sup> )	Variação (%)
Água	100	0,01	400	0,05	+ 300	+ 0,03
Queimada	54.600	6,37	-	-	- 54.600	- 6,36
Edificação	59.600	6,95	31.900	3,72	- 27.700	- 3,23
Solo exposto	28.400	3,31	24.300	2,83	- 4.100	- 0,48
Pastagem	262.800	30,63	344.000	40,1	+ 81.200	+ 9,46
Vegetação ciliar	452.400	52,73	457.300	53,3	+ 4.900	+ 0,57
Total de usos em conflito	405.400	47,26	400.200	46,65	- 5.200	- 0,61

Fonte: A autora.

**FIGURA 8** – Dinâmica do uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, resultante da classificação das imagens de satélite de 2015 e de 2020 pela Máxima Verossimilhança.



Fonte: A autora.

Dentre os usos do solo em conflito com a legislação ambiental, a pastagem foi o que predominou em 2015 e em 2020, ocupando, respectivamente, 30,3% e 40,1% das

APPs (Tabela 4 e Figura 8). Segundo Alves, Martins e Scopel (2020), a presença desse tipo de vegetação em áreas próximas aos cursos d'água está associada a um histórico de uso e manejo inadequado do solo, no qual houve supressão da flora nativa para oferecer espaço a atividades agrícolas e pecuárias. Apesar de promover alguma proteção ao solo, a pastagem constituída por gramíneas exóticas, geralmente invasoras, não possui capacidade de proporcionar os mesmos benefícios ambientais que a vegetação ciliar nativa, especialmente no que tange à preservação da biodiversidade (DURIGAN *et al.*, 2013; SIMBERLOFF; REJMÁNEK, 2011).

Em oposição à classe pastagem, que aumentou nas APPs durante o período investigado, a classe solo exposto reduziu de 3,31% em 2015 para 2,82% em 2020 (Tabela 4 e Figura 8). A constatação de solo exposto nas áreas ripárias alerta para a necessidade de recomposição da flora nativa para evitar a formação de erosões marginais, bem como o assoreamento da nascente e do córrego, processos ambientais que estão diretamente associados à referida situação edáfica (AMARAL *et al.*, 2018).

A classe edificação ocupou 6,37% das APPs do córrego Lajeado em 2015 e reduziu para 3,72% em 2020 (Tabela 4 e Figura 8), sendo derivada do sistema viário e do sistema de drenagem pluvial dos loteamentos da bacia hidrográfica, de construções irregulares em duas áreas públicas institucionais no bairro Shopping Park, bem como de construções nos loteamentos Shopping Park I e II (25/05/1992) e Gávea Sul (28/12/2000), aprovadas pelo poder público municipal sem o devido cumprimento do limite de APP estabelecido pelo ordenamento jurídico ambiental.

O uso do solo para a implantação dos serviços públicos de transporte e de saneamento básico (como a drenagem pluvial) em APP se encontra previsto na legislação ambiental federal desde 2001, quando tais serviços foram declarados como utilidade pública pela Medida Provisória nº 2.166-67, que implementou alterações no Art. 2º da Lei nº 4.771/1965 (BRASIL 2001). O sistema viário passou a ser tratado como utilidade pública a partir de 2012, com a publicação da Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012).

Dessa forma, quando os loteamentos Sítios de Recreio Ibiporã, Shopping Park I e II e Gávea Sul foram aprovados, ainda não havia previsão legal para a implantação de vias públicas e de sistema de drenagem pluvial em APP. De qualquer modo, a construção de pontes poderia ter sido uma alternativa à construção das travessias que canalizaram o córrego Lajeado, prejudicando, conseqüentemente, o deslocamento da fauna nativa e a preservação dos recursos naturais da microbacia hidrográfica.

Também ocorreu em desconformidade com a legislação ambiental federal e municipal, a alocação de áreas públicas nas APPs do córrego Lajeado. Vale destacar que o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, bem como em áreas de preservação ecológica é proibido pela Lei Federal nº 6.766/1979 (Art. 3º), que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano (BRASIL, 1979). Dessa forma, nem mesmo as áreas destinadas ao uso público podem ser alocadas em APP.

O impedimento à alocação de áreas públicas em APP tem redação expressa na legislação de parcelamento e zoneamento do uso e ocupação do solo do município de Uberlândia desde 1999. Segundo a Lei Complementar nº 224/1999 e as leis que a revogaram, as APPs não compõem a área total loteável de uma gleba em parcelamento e, portanto, não podem ser contabilizadas como áreas públicas verdes e institucionais (UBERLÂNDIA, 1999).

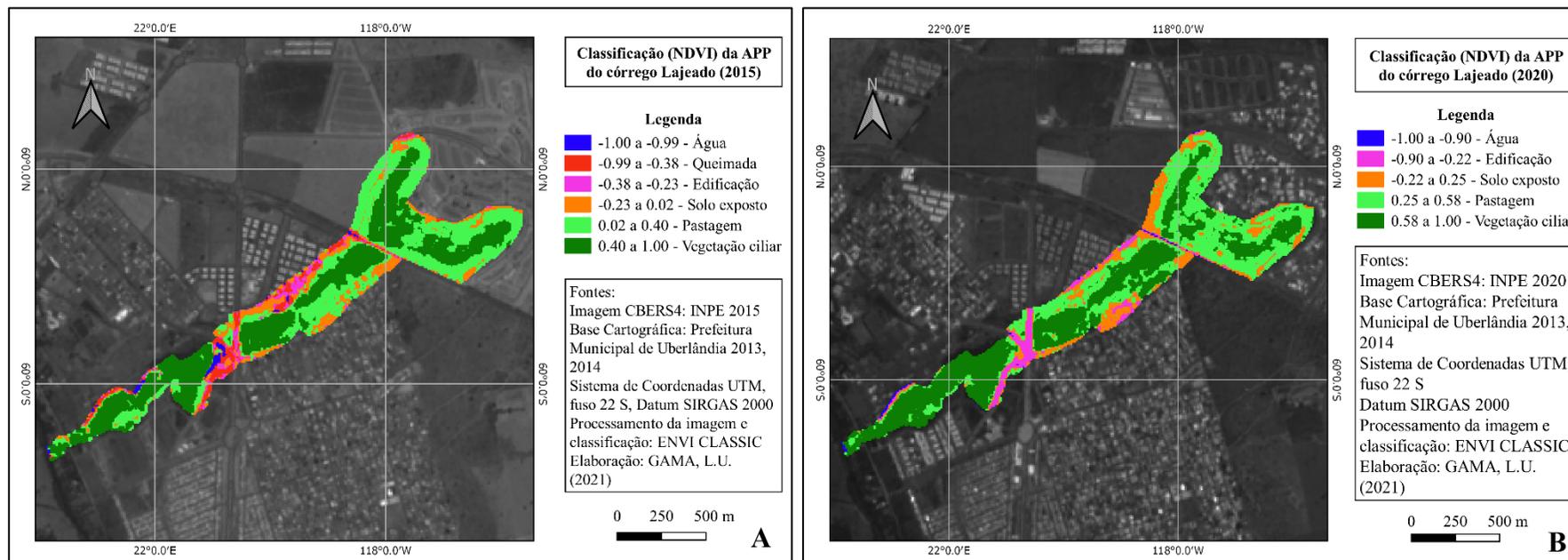
No bairro Shopping Park, as áreas públicas institucionais que se encontram alocadas em APP não foram urbanizadas pelo poder público. Em 2018, após a instauração de um processo judicial, por iniciativa da prefeitura, o município reintegrou a posse de uma das áreas institucionais invadidas, contendo área total de 2,035 ha. Posteriormente à reintegração de posse do imóvel, a prefeitura realizou a demolição e a limpeza das construções que nele estavam presentes, o que impactou de forma positiva na redução da classe edificação nas APPs do córrego Lajeado de 2015 para 2020.

A outra área pública institucional que possui área total de 1,239 ha permanece ocupada por invasões. Ademais, até o momento, a prefeitura não realizou a reconstituição da flora nem a implantação de calçadas na área pública institucional que teve a posse reintegrada, situações que caracterizam certo descuido e que favorecem o risco de novas ocupações. No local, o solo foi recoberto pelo processo de sucessão ecológica, principalmente pelas espécies vegetais exóticas *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster (Braquiária) e *Ricinus communis* L. (Mamona), contribuindo para o aumento da classe pastagem nas APPs durante o período analisado.

#### **4.2 Análise da classificação pela segmentação dos valores de NDVI**

A classificação pelo método de segmentação dos valores de NDVI resultou em um índice que variou de -0.99 a 0.4, no caso da imagem de 2015, e de -0.9 a 0.58, no caso da imagem de 2020 (Figura 9).

**FIGURA 9** – Mapa temático do uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, resultante da classificação das imagens de satélite de 2015 (A) e de 2020 (B) pela segmentação dos valores de NDVI.



Fonte: A autora.

Nas duas imagens utilizadas, os valores negativos do NDVI representaram as classes água, queimada e edificação; os valores mais próximos de zero representaram as classes solo exposto e pastagem (vegetação rala); e os maiores valores positivos representaram a classe vegetação ciliar, ou seja, a vegetação densa (MENESES; ALMEIDA, 2012; SANTOS *et al.*, 2018b).

O índice *Kappa* indicado pela matriz de confusão foi de 0,54 na classificação da imagem de 2015 e de 0,61 na classificação da imagem de 2020, valores de desempenho que foram categorizados por Landis e Koch (1977) como bom e muito bom, respectivamente. Assim, verificou-se que, embora os dois métodos de classificação aplicados nesta pesquisa tenham apresentado um desempenho satisfatório a partir do índice *Kappa*, o desempenho da MaxVer foi melhor do que o desempenho da segmentação dos valores de NDVI.

Resultado semelhante foi obtido por Amaral (2018) e por França *et al.* (2018). De acordo com Amaral (2018), que adotou a classificação pela MaxVer e pela segmentação dos valores de NDVI em um diagnóstico ambiental na APP e na área inundável do Rio Paranaíba, em Patos de Minas-MG, a MaxVer teve melhor desempenho segundo o índice *Kappa*. No mesmo sentido, França *et al.* (2018), aplicaram a classificação pela MaxVer e pelo NDVI para caracterizar a cobertura vegetal da bacia hidrográfica do riacho Estiva, no Piauí, e verificaram que a classificação utilizando o NDVI foi mais fácil e prática, porém, mostrou baixo nível de detalhamento no que tange à mudança da cobertura e uso da terra, quando comparada à classificação pela MaxVer.

Na imagem de 2015, a maior falha na segmentação ocorreu na classe edificação, que apresentou 77,16% (2.166 de 2.807 pixels classificados) de confusão espectral por erro de omissão com as classes solo exposto, queimada, água e pastagem. Já o maior erro de comissão ocorreu na classe solo exposto, que apresentou 68,66% (622 de 1.499 pixels classificados) de confusão espectral com as classes edificação e pastagem (Anexo D).

Na imagem de 2020, a maior falha na classificação ocorreu na classe solo exposto, que exibiu 90,13% (922 de 1.023 pixels classificados) de confusão espectral por erro de omissão com as classes edificação e água. Também foi na classe solo exposto que ocorreu o maior erro de comissão, com um percentual de 77,75% (353 de 454 pixels classificados) de confusão espectral com as classes edificação, pastagem e água (Anexo E).

Segundo Silva, Andrade e Pacheco (2016), durante a classificação, a complexidade e heterogeneidade das classes torna mais complexa a segregação das

feições presentes nas imagens, gerando confusões espectrais. Nesse sentido, notou-se que, no presente estudo, parte das confusões espectrais ocorreu devido à existência de áreas heterogêneas nas APPs, tais como solo hidromórfico, águas com sedimento (turvas) e vegetação queimada.

Na segmentação dos valores de NDVI das imagens contendo as APPs do córrego Lajeado, a classe de cobertura e uso do solo predominante em 2015 e em 2020 foi a vegetação ciliar, a qual ocupou 42,3% das APPs no primeiro ano e aumentou para 43,06% no segundo ano (Tabela 5 e Figura 10). Esse resultado foi ao encontro do resultado obtido na classificação das imagens pelo método MaxVer, que também mostrou a vegetação ciliar como a classe que predominou nas APPs, tendo uma variação positiva de 2015 para 2020. Embora a variação positiva no percentual da vegetação ciliar de 2015 para 2020 aponte uma melhora na cobertura vegetal nativa na área de estudo, ela pode ser reflexo da diferença sazonal inerente às imagens utilizadas.

A dinâmica sazonal da vegetação do Cerrado brasileiro foi avaliada a partir do uso de índices espectrais de vegetação, por Ferreira e Huete (2004), sendo verificado que, na estação seca, o déficit hídrico provoca redução na produção de biomassa verde, reduzindo, conseqüentemente, os valores de NDVI. Segundo Ferreira e Huete (2004), o efeito da estação seca sobre a cobertura vegetal é mais proeminente nas fitofisionomias dominadas por espécies herbáceas e subarbustivas, as quais são mais sensíveis ao estresse hídrico do que as espécies lenhosas. Nesse sentido, os fenômenos típicos da estação seca no bioma Cerrado, tais como o rebaixamento do lençol freático, a queimada e a queda foliar de algumas espécies (FERREIRA; HUETE, 2004), podem ter colaborado para o menor percentual de fitomassa nas APPs do córrego Lajeado em 2015 quando comparado ao percentual de biomassa verde no ano de 2020.

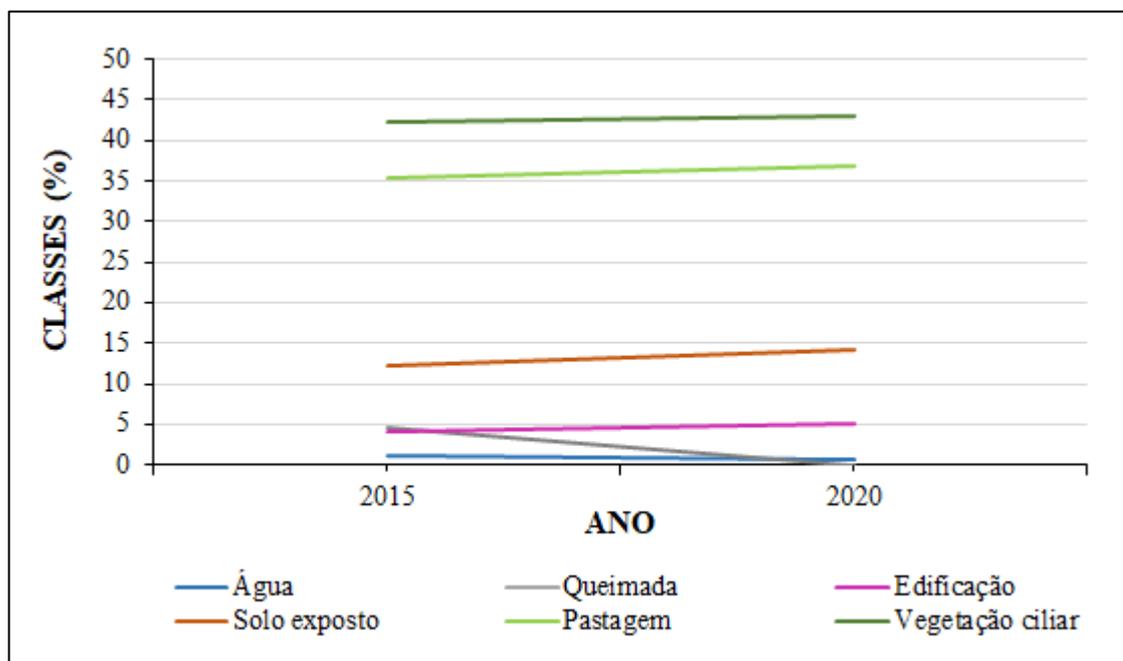
Nas imagens classificadas pela segmentação dos valores de NDVI, os tipos de uso do solo em conflito com as leis ambientais federal e municipal foram: queimada, edificação, solo exposto e pastagem. Conforme a segmentação, a área ocupada por esses usos diminuiu em 2.400 m<sup>2</sup> (0,28%) de 2015 para 2020 (Tabela 5 e Figura 10), uma variação que foi menor do que a obtida a partir da classificação pela MaxVer.

**TABELA 5** – Mudanças no uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG, obtidas pela classificação das imagens de satélite de 2015 e de 2020 pela segmentação dos valores de NDVI.

Ano	2015		2020		2015 - 2020	
Classes	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)	Variação (m <sup>2</sup> )	Variação (%)
Água	10.200	1,2	6.000	0,7	- 4.200	- 0,49
Queimada	40.800	4,75	-	-	- 40.800	- 4,75
Edificação	34.600	4,03	43.400	5,06	+ 8.800	+ 1,02
Solo exposto	105.700	12,32	122.200	14,25	+ 16.500	+ 1,92
Pastagem	303.700	35,4	316.800	36,93	+ 13.100	+ 1,53
Vegetação ciliar	362.900	42,3	369.400	43,06	+ 6.500	+ 0,76
Total de usos em conflito	484.800	56,5	482.400	56,24	- 2.400	- 0,28

Fonte: A autora.

**FIGURA 10** – Dinâmica do uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, resultante da classificação das imagens de satélite de 2015 e de 2020 pela segmentação dos valores de NDVI.



Fonte: A autora.

Assim como constatado nesta pesquisa para a microbacia do córrego Lajeado, a literatura científica mostra que, em diferentes regiões do território brasileiro, as APPs

apresentam usos em desacordo com as normas ambientais. Como exemplo, pode-se citar o estudo realizado por Tsujii *et al.* (2014), no qual foi observado que, em 2014, um total de 83,65% (252,22 km<sup>2</sup>) das APPs de cursos d'água do município de Rio Verde-GO encontravam-se convertidos em agricultura, área urbana e pastagem, revelando o descaso com as leis e com o meio ambiente na região. Também sob essa perspectiva, Santos *et al.* (2019) verificaram que, em 2017, 32% (2,49 km<sup>2</sup>) das APPs da bacia hidrográfica do Rio Igarapé-Açu, localizada nos municípios de Igarapé-Açu e Manapanim, no Pará, caracterizavam ocupações urbanas e atividades agropecuárias, ou seja, áreas com usos em conflito com a legislação ambiental.

Na presente pesquisa, de modo similar ao resultado da classificação pela MaxVer, a segmentação dos valores de NDVI demonstrou que, em 2015 e em 2020, a pastagem foi classe predominante em conflito com a legislação ambiental. No primeiro ano, a pastagem ocupou 35,4% das áreas legalmente protegidas do córrego Lajeado e, no segundo ano, 36,93% (Tabela 5 e Figura 10). O uso do solo por pastagem também foi detectado como o principal conflito com a legislação ambiental, com valores ainda maiores no entorno dos cursos d'água do município de Jataí-GO e de uma bacia hidrográfica em Alta Floresta-MT, onde cobriu, respectivamente, 47,7% (938,32 ha) (TSUJII *et al.*, 2014) e 72,2% (11,54 km<sup>2</sup>) (COUTO; GARCIA; SILVA, 2018) das APPs, colaborando para o desequilíbrio ecológico dos ecossistemas ripários.

A realização do mapeamento e a análise da cobertura e uso do solo das APPs do córrego Lajeado perante a legislação ambiental federal e municipal permitiram verificar que aproximadamente 50% dessas áreas se encontram-se expostas a usos que caracterizam impactos ambientais negativos, ou seja, degradação ambiental. Diante dessa situação, é fundamental que os locais degradados sejam recuperados, permitindo que as áreas ripárias sejam preservadas conforme preceituam as leis ambientais, viabilizando condições mais salubres de vida humana e o aumento da qualidade ambiental da microbacia hidrográfica estudada.

### **4.3 Avaliação de impactos e qualidade ambiental das APPs**

De acordo com a aplicação do PAR em que a imagem do satélite CBERS 4A foi usada para avaliar os parâmetros 1.1, 1.2 e 4.1 e os demais parâmetros foram avaliados em campo, o Trecho 1 (vereda) das APPs do córrego Lajeado apresentou um somatório

de 30 pontos, o Trecho 2 (vereda) apresentou um total de 80 pontos e o Trecho 3 (mata de galeria) totalizou 30 pontos. Esses resultados apontaram uma boa qualidade ambiental para os trechos 1 e 3 e uma qualidade ambiental ruim para o Trecho 2 (Figura 11).

Já no caso em que a aplicação do PAR foi realizada pela avaliação de todos os parâmetros em campo, o Trecho 1 e o Trecho 3 apresentaram, respectivamente, um total de 27 e 28 pontos e o Trecho 2 apresentou um total de 75 pontos. De forma semelhante aos resultados da avaliação processada com o uso da imagem de satélite, os resultados em questão revelaram uma boa qualidade ambiental para os trechos 1 e 3 e uma qualidade ambiental ruim para o Trecho 2 (Figura 11), indicando que os parâmetros relativos à vegetação ciliar e à edificação podem ser avaliados de forma rápida em campo.

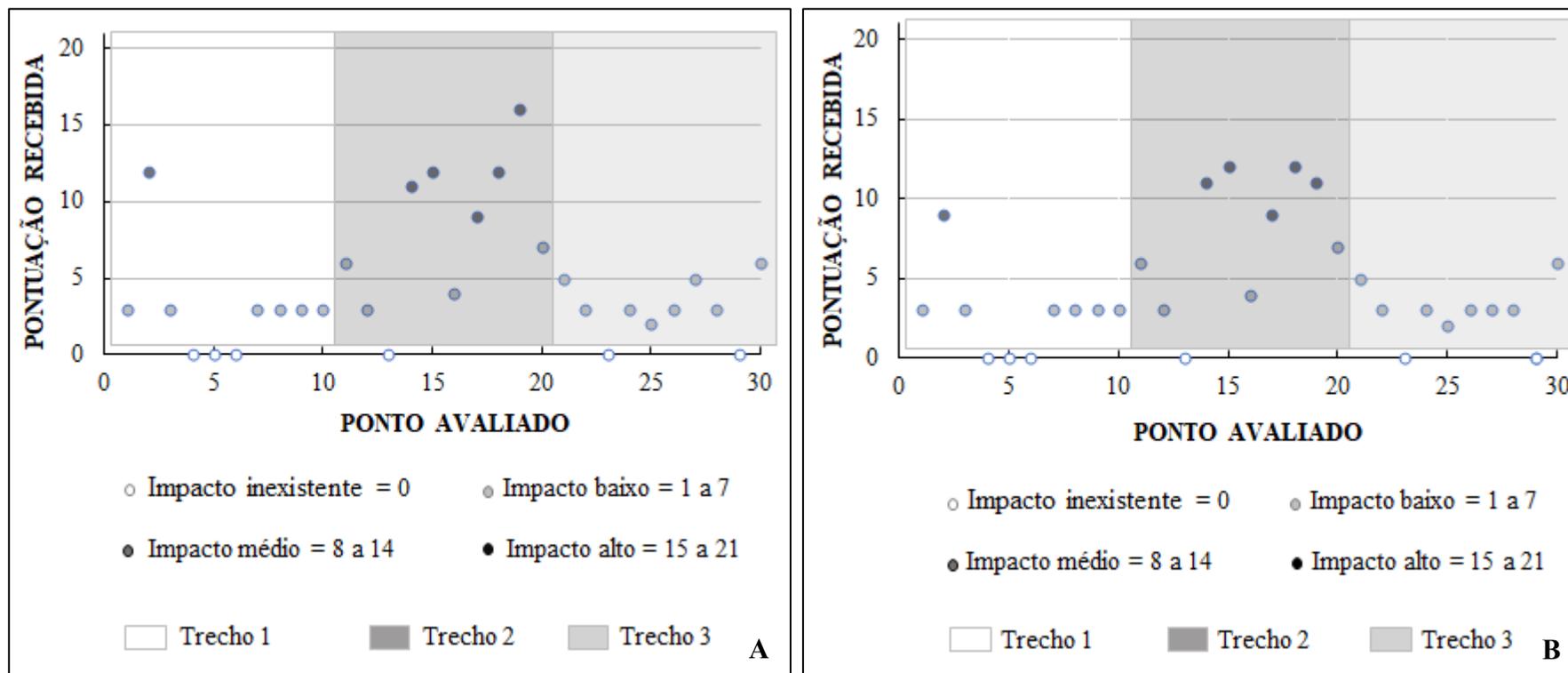
Segundo o PAR adotado, a região mais impactada da área de estudo foi o Trecho 2, que contém uma significativa área de nascente, caracterizada pela presença da fitofisionomia vereda. Esse resultado representa um alerta quanto à conservação do córrego Lajeado, pois a falta de proteção da cobertura vegetal e do solo no entorno de nascentes tende a reduzir a vazão destas a médio e longo prazo (LIMA, 2008), reduzindo, conseqüentemente, a vida útil dos cursos d'água (MOREIRA *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2012).

A importância da preservação de áreas de nascentes para a conservação dos recursos hídricos foi validada por Pinto *et al.* (2004), em um estudo realizado na bacia hidrográfica do Ribeirão de Santa Cruz, em Lavras-MG. Ao analisarem as vazões de 177 nascentes perenes categorizadas (quanto ao estado de conservação das APPs) em preservadas, perturbadas e degradadas, no final da estação seca, os referidos autores detectaram que as nascentes preservadas foram as que tiveram as maiores vazões médias.

No presente estudo, as diferenças nos resultados das duas modalidades de aplicação do PAR foram pequenas, não alterando a categoria da qualidade ambiental dos trechos estudados, e ocorreram nos parâmetros 1.1, 1.2 e 4.1 devido ao menor tamanho da área amostral analisada em campo, bem como por confusão espectral durante a seleção manual dos tipos de uso do solo na imagem de satélite.

O confronto da avaliação realizada em campo com a avaliação em que foi utilizada a imagem de satélite permitiu notar que o tamanho da área amostral interferiu no resultado do PAR nos pontos P2, P19 e P27 e que a confusão espectral ocorreu em função da semelhança de tonalidade das feições vegetação nativa, vegetação exótica e solo exposto no ponto P26.

**FIGURA 11** – Resultado da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG. Avaliação dos parâmetros 1.1, 1.2 e 4.1 mediante uso de imagem de satélite e avaliação dos demais parâmetros em campo (A). Avaliação de todos os parâmetros em campo (B).



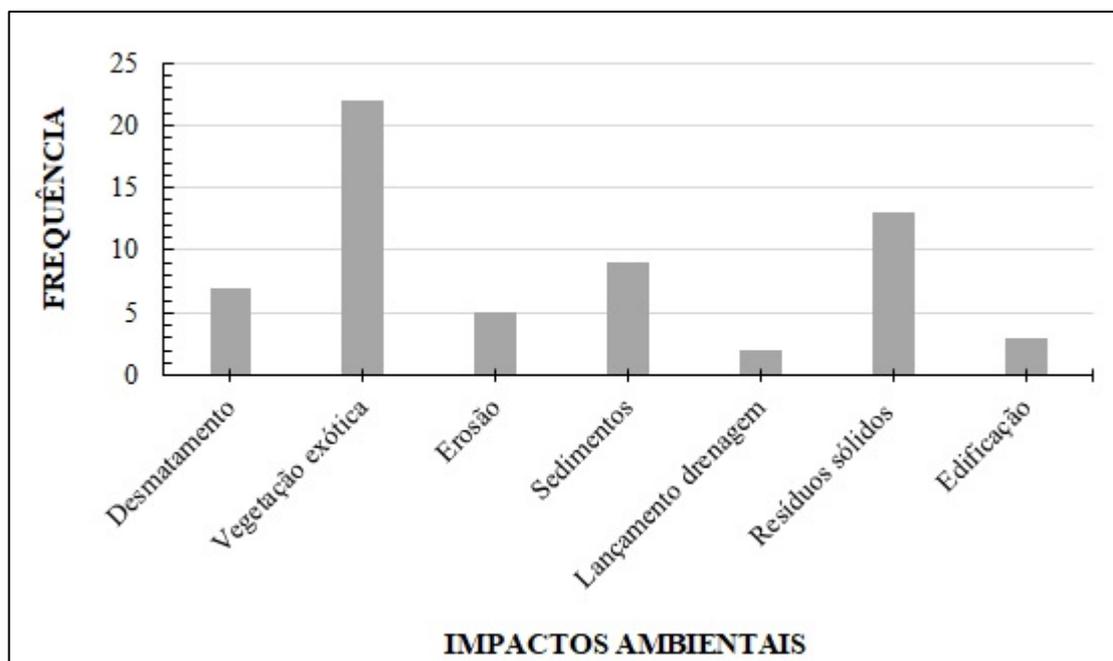
Fonte: A autora.

Como as diferenças entre os resultados das duas modalidades de aplicação do PAR adotadas neste estudo foram pequenas, sendo detectada confusão espectral a partir do uso da imagem de satélite, optou-se por apresentar, a seguir, os resultados do PAR em que os dados de todos os parâmetros foram coletos em campo.

A comparação da soma total obtida em cada ponto amostral onde o PAR foi aplicado possibilitou estabelecer um critério para a identificação de locais prioritários para execução de ações de recuperação ambiental nas APPs. Visto que a pontuação máxima (somatório) atingida pelos 30 pontos amostrais foi igual a 12, foram considerados críticos os pontos amostrais com somatório superior a 7, uma vez que esse valor correspondeu à quantidade de parâmetros do PAR e que a pontuação 1 significou um impacto negativo de baixa intensidade. Assim, foram detectados um total de 6 pontos com prioridade para recuperação ambiental nas APPs estudadas: 1 ponto no Trecho 1 e 5 pontos no Trecho 2 (Figura 11).

Mediante aplicação do PAR, verificou-se que, na área de estudo, os impactos mais frequentes na foram: vegetação exótica, resíduos sólidos e sedimentos, os quais estiveram presentes em 22, 13 e 9 pontos amostrais, respectivamente (Figura 12).

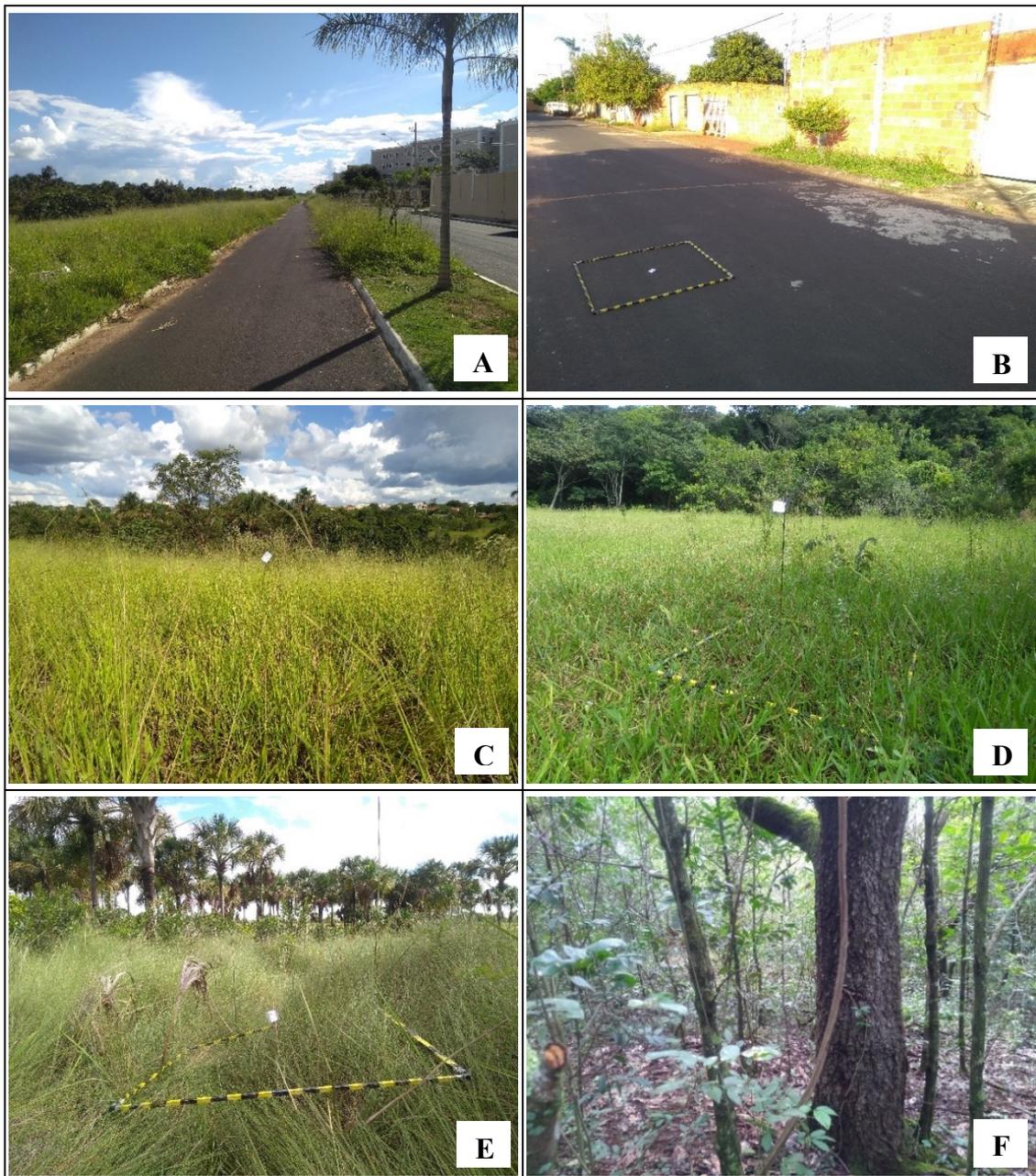
**FIGURA 12** – Frequência absoluta dos impactos ambientais observados nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG, durante a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida.



Fonte: A autora.

O desmatamento, impacto ambiental negativo referente ao parâmetro 1.1 do PAR (corte ou remoção da vegetação ciliar), foi observado em um total de 7 pontos amostrais, 4 deles em situação de alta intensidade e localizados no Trecho 2. Por outro lado, a vegetação ciliar mostrou-se exuberante (sem sinais de desmatamento) em 4 pontos localizados na vereda e em 2 pontos na mata de galeria (Figura 13).

**FIGURA 13** – Vegetação ciliar em situação de alto impacto pela presença de edificações no Trecho 2 (A) e (B) e pelo predomínio de vegetação exótica nos trechos 2 (C) e 3 (D). Vegetação ciliar avaliada como impacto inexistente nos trechos 1 (E) e 3 (F).



Fonte: A autora.

A remoção da vegetação ciliar propicia o surgimento de vários outros impactos ambientais promotores de degradação dos recursos naturais, além de impactos de cunho econômico e social. Segundo Bittencourt e Paula (2014), o desmatamento de uma determinada área pode gerar uma série de desequilíbrios ecológicos, tais como o empobrecimento dos solos, a redução da quantidade e da diversidade de animais e vegetais e até mesmo a extinção de espécies.

É importante lembrar que os solos desprovidos de vegetação sofrem maior ação das águas das chuvas e tornam-se degradados devido à contínua remoção e carreamento de sua camada de matéria orgânica por essas águas (SILVA *et al.*, 2020). Nas áreas ripárias, os sedimentos que são removidos do solo seguem com o escoamento superficial pluvial para os corpos hídricos, acarretando o assoreamento das drenagens (SILVA *et al.*, 2020), a redução da biodiversidade aquática (MANOEL; ALMEIDA; VILELA, 2019), inundações (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015), elevação do custo do tratamento da água para o consumo humano (BITTENCOURT; PAULA, 2014) e vários outros impactos ambientais negativos que afetam os meios físico, biótico e antrópico.

Destarte, para remediar os impactos decorrentes do desmatamento nas APPs do córrego Lajeado, recomenda-se que a vegetação ripária degradada seja recomposta por meio de plantio de mudas a fim de auxiliar a regeneração natural, fenômeno que pode ocorrer lentamente ou pode não ocorrer quanto mais perturbado estiver o local em função de gramíneas exóticas invasoras, queimada, gado, erosão, ausência de remanescentes bem conservados no entorno próximo, entre outros fatores negativos (SOUZA; GONÇALVES, 2019).

Para proteger a vegetação nativa brasileira, a Lei nº 12.651/2012 (Art. 1º, inciso IV) enumera como um de seus princípios a necessidade da criação de políticas que visem à preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas (BRASIL, 2012). A restauração ecológica é, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), o processo de restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição que seja o mais semelhante possível de sua condição original, sendo distinta do processo de recuperação, que é a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição que pode ser distinta de sua condição original (BRASIL, 2000).

De acordo com estudos de restauração ecológica realizados no bioma Cerrado, o conjunto de espécies plantadas, seja por semeadura direta ou por mudas, não determina a

composição vegetal do ambiente recuperado (CAVA *et al.*, 2016; DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013), tendo menor importância do que as fontes de propágulos persistentes na paisagem (DURIGAN *et al.*, 2010). Nesse sentido, quando adotado como técnica para recuperação da biodiversidade de uma área, o plantio não precisa apresentar uma riqueza de espécies tão alta, mas sim deve conter espécies bem adaptadas às condições locais e, portanto, capazes de oferecer condições favoráveis à regeneração por meio do banco e da chuva de sementes, bem como do rebrotamento de estruturas subterrâneas (DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013; DURIGAN *et al.*, 2010).

Assim, com o intuito de restaurar a vegetação das APPs do córrego Lajeado, o plantio de mudas deverá ser realizado empregando-se somente espécies nativas locais para complementar a vegetação remanescente e em regeneração de cada trecho. A tolerância das espécies quanto ao teor de umidade natural do solo deverá ser respeitada, minimizando-se a mortalidade das mudas. Desse modo, nos locais mais próximos do curso d'água, onde o solo for mal drenado, com coloração acinzentada ou mais escura, deverão ser utilizadas espécies típicas de mata de galeria. Já nos locais mais afastados do córrego, onde o solo apresentar boa drenagem e coloração avermelhada, poderão ser plantadas mudas de espécies de cerrado sentido restrito. Algumas espécies possíveis de serem utilizadas no plantio seguem apresentadas no Anexo F, elaborado com espécies recomendadas para recuperação de área degradada (POTT; POTT, 2002) e restauração da vegetação de Cerrado (DURIGAN *et al.*, 2011).

Para o Trecho 1, onde foi observada uma boa regeneração de espécies nativas na vereda, recomenda-se que o plantio seja realizado apenas na faixa marginal de proteção que, inclusive, já possui alguns espécimes nativos plantados, em fase de crescimento. Por outro lado, no Trecho 2 e no Trecho 3, o plantio deverá ser executado desde a borda da vegetação nativa remanescente, estendendo-se por toda a faixa de preservação.

Os espécimes nativos em regeneração nas APPs deverão ser mantidos durante o preparo do solo, etapa que deverá incluir os seguintes procedimentos: controle de formigas cortadeiras; controle de plantas invasoras; abertura de covas com tamanho mínimo de 30 centímetros de diâmetro e 40 centímetros de profundidade; espaçamento entre as covas de 3 x 3 metros; aplicação de adubo orgânico na proporção de 20% do volume da cova para acelerar o desenvolvimento inicial das mudas (DURIGAN *et al.*, 2011). Para facilitar o manejo, as mudas poderão ser plantadas em linhas paralelas.

Geralmente, quanto maiores e mais robustas são as mudas utilizadas no plantio, maior é a sobrevivência destas (DURIGAN *et al.*, 2011). No entanto, tratando-se de espécies de cerrado, o uso de mudas menores do que o usual é possível, desde que elas tenham um sistema radicular bem desenvolvido, pois nessas espécies é comum que as raízes sejam mais desenvolvidas do que a parte aérea (DURIGAN *et al.*, 2011).

Para evitar custos com irrigação e perdas de mudas, o plantio deverá ser realizado logo no início da estação chuvosa e a sua manutenção deverá incluir o controle de formigas por um período de 3 anos, bem como a capina ao redor das mudas em um raio mínimo de 50 centímetros, principalmente antes do período chuvoso e até que elas se estabeleçam (DURIGAN *et al.*, 2011).

Com a finalidade de auxiliar o processo de restauração da vegetação nas APPs, recomenda-se que, em todos os trechos, sejam instalados poleiros artificiais feitos com bambu, conforme Servilheri *et al.* (2021), uma técnica de nucleação que tem como proposta a criação de habitats para atrair animais dispersores de sementes e potencializar a colonização pelas plantas (SOUZA; GONÇALVES, 2019).

Servilheri *et al.* (2021) testaram o efeito de poleiros artificiais na recomposição do banco de sementes de uma mata ciliar degradada e verificaram quantidade significativamente maior de sementes amostradas em coletores com poleiros artificiais em relação aos coletores sem poleiros (controles). De acordo com Servilheri *et al.* (2021), o uso de poleiros artificiais é uma técnica barata e efetiva para a recomposição do banco de sementes de áreas degradadas, especialmente em projetos de restauração ambiental.

Nas APPs do córrego Lajeado, a presença de vegetação exótica (parâmetro 1.2 do PAR) foi avaliada como alto impacto (abrangência superior a 50% da área amostral) em 7 pontos do Trecho 1, em 8 pontos do Trecho 2 e em 5 pontos do Trecho 3, totalizando 20 pontos em situação de alto impacto (Figura 13). Esse resultado destaca a vegetação exótica como o impacto que prevaleceu em alta intensidade, ocupando grande porção da área de estudo, o que corrobora o resultado obtido nas classificações supervisionadas, as quais mostraram que a pastagem foi o tipo de uso do solo conflitante com as normas ambientais que predominou nas APPs estudadas.

A espécie exótica mais abundante nas APPs do córrego Lajeado foi *Urochloa decumbens* (Braquiária), gramínea africana com potencial invasor (SILVEIRA *et al.*, 2013), que atua como barreira à regeneração natural (SOUZA; GONÇALVES, 2019). Segundo Valéry *et al.* (2008), a invasão biológica acontece quando uma espécie exótica

se sobressai como competidora e se espalha no ambiente de forma dominante. Devido à capacidade de modificar a estrutura da comunidade nativa, as espécies exóticas invasoras provocam perda da diversidade biológica e prejuízos à manutenção dos serviços ecossistêmicos (DURIGAN *et al.*, 2013; SIMBERLOFF; REJMÁNEK, 2011).

O controle ou eliminação de gramíneas exóticas com potencial invasor constitui um dos obstáculos mais difíceis de serem vencidos na recuperação de áreas degradadas e na restauração ecológica (SILVEIRA *et al.*, 2013). Além de aumentarem os custos de manutenção, essas gramíneas aumentam a mortalidade e atrapalham o crescimento das mudas plantadas. Nesse sentido, diferentes métodos têm sido testados com a finalidade de controlar as gramíneas exóticas invasoras, tais como o uso de manta plástica, a semeadura direta de forrageiras, a capina manual, o controle químico e o controle mecânico (BARBOSA *et al.*, 2018).

Em pesquisa realizada em área urbana degradada de Diamantina-MG, foi verificado que a aplicação de herbicida e a realização de capina com enxada foram métodos mais efetivos no controle das gramíneas exóticas invasoras do que o método mecânico (SILVEIRA *et al.*, 2018). Segundo Silveira *et al.* (2013), o controle dessas gramíneas por capina tem custos mais elevados que o controle químico, porém este último tipo de controle prejudica a rebrota e a germinação das plantas lenhosas nativas.

O uso de herbicidas em área urbana de livre circulação em que não há meios de promover um isolamento seguro é proibido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA, 2016). Desse modo, para a desinfestação da gramínea exótica *Urochloa decumbens* nas APPs do córrego Lajeado, recomenda-se a capina manual com enxada, a ser realizada antes da etapa de recomposição florística, bem como durante o manejo do plantio. Outras espécies exóticas ruderais ou invasoras também deverão ser removidas por meio de equipamentos manuais, evitando-se a compactação do solo pelo uso de maquinários pesados. Nos taludes, para não ocorrer exposição do solo, as espécies herbáceas exóticas deverão ser apenas aparadas com roçadeira manual e, posteriormente, aplicadas as medidas sugeridas abaixo para a recuperação de erosão.

O material produzido pela capina nas APPs deverá ser utilizado como cobertura morta no solo, principalmente ao redor das mudas. A partir de um experimento de restauração do Cerrado, Silva e Vieira (2017) verificaram que o uso de cobertura morta (*mulching*) de *Urochloa decumbens* aumentou a umidade do solo e inibiu a propagação

dessa gramínea exótica, favorecendo o crescimento das mudas de espécies arbóreas nativas.

Durante a aplicação do PAR na área de estudo, a presença de erosão foi observada em um total de 5 pontos amostrais, sendo avaliada como impacto de média intensidade em 2 pontos e como impacto de baixa intensidade em 3 pontos. No Trecho 1, foram observados processos erosivos a jusante de uma bacia de retenção; no Trecho 2, em taludes íngremes da avenida Nicomedes Alves dos Santos; no Trecho 3, em barrancos do córrego (Figura 14).

**FIGURA 14** – Processo erosivo observado no talude a jusante da avenida Nicomedes Alves dos Santos, no Trecho 2 (A), e no barranco do córrego (com exposição de raízes das árvores), no Trecho 3 (B). Sedimentos observados no Trecho 2, no final de uma escada hidráulica (C) e na via pública (D).



Fonte: A autora.

A erosão é um fenômeno associado a fatores naturais (intensidade das chuvas, declividade do terreno e tipo de solo, por exemplo), mas que pode ser acelerado por diferentes condicionantes antrópicos, tais como movimentação e exposição de terra para

implantação de loteamentos, concentração do escoamento superficial das águas pluviais e execução de sistemas de drenagem pluvial falhos (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

Nas visitas a campo, foi possível notar que a falta de manutenção do sistema de dissipação de drenagem pluvial, a alta declividade dos taludes implantados junto a uma travessia que canalizou o córrego Lajeado e a elevada concentração do escoamento superficial decorrente da impermeabilização do solo foram alguns dos fatores que propiciaram a formação de processos erosivos na área de estudo.

Destarte, para a correção das erosões observadas no Trecho 1, indica-se que, na estação seca, seja feito o nivelamento do solo nas proximidades da bacia de retenção e a colocação de rochas de grande dimensão (matacões) no local, dispostas transversalmente ao fluxo da água, de forma a produzir uma barreira rígida que auxiliará o amortecimento das águas pluviais e, conseqüentemente, a proteção do solo.

Para o Trecho 2, indica-se o nivelamento do solo nas áreas erodidas e posterior aplicação de manta biotêxtil em todo o talude, que pode ser associada à introdução de mudas ou sementeira de vegetação nativa (VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE, 2016) arbustiva (Anexo F) e da forrageira *Stylosanthes macrocephala* (BARBOSA *et al.*, 2018), leguminosa nativa do bioma Cerrado (COSTA; SARTORI; POTT, 2008) que contribui para a descompactação do solo e para a redução de erosões (BARBOSA *et al.*, 2018; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2007).

Segundo Verdum, Vieira e Caneppele (2016), o uso de mantas orgânicas permite cobrir superfícies sujeitas à movimentação de solo, conferindo resistência ao cisalhamento, enquanto o consórcio de espécies botânicas autóctones proporciona o alcance de melhores resultados na recuperação de áreas degradadas devido ao processo de sucessão ecológica, às diferentes arquiteturas dos sistemas radiculares, à interação da vegetação com a biota do solo e ao embelezamento da paisagem, por exemplo.

Para a correção das erosões no Trecho 3, indica-se a colocação de gabião junto ao barranco do córrego, onde houver sinais de desmoronamento. O gabião caracteriza-se por uma parede produzida com fragmentos de rocha envolvidos por uma malha de arame, com a função de conferir resistência à movimentação do solo em taludes, barrancos ou encostas (VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE, 2016). A implantação dessa estrutura na borda do barranco atuará protegendo-o contra o aumento da vazão do córrego durante a

estação chuvosa, provocado principalmente pelos lançamentos da drenagem pluvial em diferentes pontos do canal fluvial.

Segundo Verdum, Vieira e Caneppele (2016), a biomanta, o enrocamento de pedras e o gabião são estruturas e métodos simples, que não exigem uma análise prévia aprofundada das superfícies sobre as quais serão aplicados, sejam estas solo ou camada rochosa, podendo ser adotados na estabilização de barrancos secos (taludes, ravinas e voçorocas), bem como na estabilização de barrancos fluviais.

A presença de sedimentos nas APPs do córrego Lajeado foi averiguada em 1 ponto do Trecho 1, em 7 pontos do Trecho 2 e em 1 ponto do Trecho 3, totalizando 9 pontos. Esses sedimentos foram avaliados como impacto de média intensidade em 5 pontos amostrais e como impacto de baixa intensidade nos demais pontos, sendo observados em estruturas de dissipação de drenagem pluvial, em locais com solo exposto ou pouco protegido e em vias públicas (Figura 14).

Conforme Santos (2004), o contínuo transporte de sedimentos para os fundos de vale contamina os recursos hídricos por excesso de nutrientes e por metais pesados, provocando alterações na comunidade aquática. Além disso, o acúmulo de sedimentos no fundo dos rios torna a calha destes mais rasa, o que aumenta a frequência e a intensidade de enchentes e inundações e submete as populações humanas ao risco de doenças, mortes e perdas materiais (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

Dessa forma, para evitar os danos decorrentes da presença de sedimentos nas APPs do córrego Lajeado, recomenda-se que esse material, que não foi visualizado em grandes quantidades, seja removido dos locais mencionados com o uso de pá e carrinho de mão, recebendo destinação ambientalmente adequada.

Na área de estudo, o lançamento de águas pluviais foi observado em 1 ponto do Trecho 1 e em 1 ponto do Trecho 2, sendo classificado como um impacto de média intensidade em ambos os casos devido à presença de processos erosivos nas proximidades dos dissipadores de energia hidráulica.

No Trecho 1, o sistema de dissipação caracteriza-se por um extenso canal (bacia) de retenção e amortecimento e por duas barreiras de concreto, cada uma situada em frente a uma galeria de drenagem pluvial (Figura 15). O sistema conta, ainda, com duas soleiras de concreto, instaladas na margem do referido canal de retenção. Durante a avaliação do local, observou-se que uma das soleiras se encontra danificada por rachaduras, necessitando de reparos.

No Trecho 2, a dissipação da energia hidráulica ocorre por meio de uma escada hidráulica (Figura 15), a qual recebe o escoamento superficial das águas pluviais advindas das vias públicas. Na região final da escada hidráulica, foram colocados blocos de concreto para atuarem no amortecimento das águas pluviais (Figura 14).

**FIGURA 15** – Lançamento de drenagem pluvial por meio de tubulação, no Trecho 1 (A) e por meio de escada hidráulica, no Trecho 2 (B). Detalhes do sistema de dissipação de energia hidráulica instalado no Trecho 1 (C e D). Exemplos de resíduos sólidos descartados no Trecho 2: materiais diversificados (E) e materiais de construção civil (F).



Fonte: A autora.

Para que os dissipadores de energia hidráulica observados nas visitas a campo cumpram de maneira eficaz a sua função e contribuam para a conservação das áreas ripárias e do córrego, é necessário que eles recebam monitoramento e manutenção periódica. Tanto no Trecho 1 como no Trecho 2, a manutenção dos dissipadores deverá incluir o reparo de estruturas que estejam danificadas e a remoção dos sedimentos, conforme os procedimentos explanados anteriormente. No caso do Trecho 2, recomenda-se ainda que seja avaliada a necessidade da adição de novas escadas hidráulicas nos taludes para melhorar a drenagem das águas das chuvas.

A presença de resíduos sólidos nas APPs do córrego Lajeado foi verificada em 1 ponto do Trecho 1, em 9 pontos do Trecho 2 e em 3 pontos do Trecho 3, todos avaliados como impacto de baixa intensidade em função do tamanho, qualidade e quantidade. Esses resíduos foram observados tanto de maneira concentrada como difusa, sendo produtos de jardins (folhagens secas) e de construção civil (restos de concreto e tijolos, saco de cimento, tubos, pedaços de madeira, esponja), embalagens diversas (latas de alumínio, garrafas pet, caixas de papelão, sacos plásticos) e equipamento de proteção individual (capacete) (Figura 15).

O descarte irregular de resíduos sólidos nas margens dos cursos d'água caracteriza uma fonte de poluição do solo, do ar e da água, de poluição visual, de maus odores e de proliferação de vetores de doenças, sendo, portanto, capaz de comprometer a saúde e a qualidade de vida humana (SILVA; SILVA, 2015). No entanto, o descarte de resíduos sólidos em locais inadequados é uma prática comum (COSTA *et al.*, 2018) até mesmo onde o serviço de coleta é oferecido pelos órgãos públicos municipais (FERREIRA; RUIZ; AGUIAR, 2017), como acontece em Uberlândia.

De acordo com Costa *et al.* (2018), que utilizaram PARs para a avaliação da qualidade urbano ambiental e da qualidade da água do Córrego do Pântano, em Alfenas-MG, o descarte inadequado de resíduos sólidos foi um dos impactos negativos que mais afetaram a qualidade ambiental da área investigada. Ferreira, Ruiz e Aguiar (2017) que, além de um PAR, utilizaram parâmetros físico-químicos para a avaliação da influência do uso do solo na qualidade ambiental do córrego Lagoinha, no setor sul de Uberlândia, também apontaram o acúmulo de resíduos sólidos como uma das principais causas da degradação desse curso d'água e de suas áreas ripárias.

Apesar de ter sido evidenciado o descarte irregular de resíduos sólidos nas APP do córrego Lajeado, além da coleta regular de resíduos domésticos na zona urbana e rural,

o município de Uberlândia disponibiliza à população: 13 ecopontos, coleta seletiva (31 bairros e duas comunidades rurais) e recolhimento de animais mortos, eletrodomésticos, roupas e móveis, requerido por solicitação telefônica (UBERLÂNDIA, 2021a). Os ecopontos são locais onde é feita a entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos como tijolos, pedaços de concreto, tubos, plásticos, papelão, podas de árvores, sofás e outros (UBERLÂNDIA, 2021b).

Considerando que existem diferentes alternativas para a disposição adequada de resíduos sólidos no município de Uberlândia, como principal medida para evitar o descarte irregular nas APPs do córrego Lajeado, recomenda-se que o poder público intensifique as ações educativas para orientar a população quanto aos riscos desse material para a saúde do meio ambiente, bem como para incentivar o uso dos serviços disponíveis. Também é desejável que a quantidade de ecopontos na cidade seja ampliada e que se aumente o investimento em fiscalização.

A presença de edificação nas APPs do córrego Lajeado foi observada e avaliada como um impacto de alta intensidade em um total de 3 pontos amostrais, todos localizados no Trecho 2. As edificações/impermeabilizações observadas nesses pontos amostrais consistiram em vias públicas asfaltadas, estruturas de dissipação de drenagem pluvial e uma construção residencial no loteamento Shopping Park I (Figura 13).

Segundo Borges e Oliveira (2018), a impermeabilização do solo em áreas ripárias e de recarga do lençol freático afeta a reposição das águas subterrâneas e aumenta o escoamento superficial das águas pluviais, favorecendo a escassez hídrica, a ocorrência de enchentes e inundações e a formação de processos erosivos. Esses autores verificaram que na bacia hidrográfica do córrego Campo Alegre, também localizada no setor sul de Uberlândia, a impermeabilização do solo decorrente da expansão urbana acentuou o escoamento superficial das águas pluviais na bacia e, junto com o lançamento da drenagem no curso d'água, propiciou a ocorrência de graves problemas de cunho ambiental, tais como o alargamento, aprofundamento e assoreamento da calha fluvial.

Conforme explanado anteriormente, a infraestrutura destinada ao sistema viário e aos serviços públicos de saneamento é considerada utilidade pública pela legislação ambiental federal em vigor. Dessa forma, no que se refere às edificações/impermeabilizações presentes nas APPs do córrego Lajeado, recomenda-se que as ações de recuperação ambiental tenham como foco a remoção das construções irregulares. Logo, é necessário que o município de Uberlândia reintegre a posse da área

pública institucional que se encontra invadida, identificada a partir do estudo do uso do solo. Após a reintegração de posse desse imóvel, as edificações nele presentes deverão ser demolidas e efetuada a restauração da vegetação nativa. O município deverá ainda incluir as famílias que residem no local em programas assistenciais, evitando invasão de outras APPs e o aumento de problemas socioambientais no meio urbano.

Além dos impactos avaliados mediante aplicação do PAR, foi observada a presença de gado nos três trechos da área de estudo. Segundo Moreira *et al.* (2015), o pisoteio do gado torna o solo compactado e mais suscetível à erosão hídrica, interferindo negativamente na infiltração das águas das chuvas e na vazão das nascentes.

Assim, para evitar a presença de gado nas APPs do córrego Lajeado, recomenda-se que a prefeitura municipal promova as seguintes ações: orientação à população que reside nas proximidades das APPs sobre a proibição do uso dessas áreas para pastagem; notificação dos proprietários das glebas lindeiras às APPs sobre a necessidade de implantação de cercas em seus imóveis, caso possuam gado; e fiscalização periódica na região.

Devido à bacia hidrográfica do córrego Lajeado estar parcialmente urbanizada, os impactos ambientais sobre as APPs e sobre o curso d'água ainda poderão aumentar de forma significativa se o parcelamento do solo das glebas existentes não for realizado de forma bem planejada, se as leis ambientais não forem devidamente cumpridas e se medidas de recuperação não forem executadas.

As margens dos cursos d'água são áreas que naturalmente recebem o excedente hídrico no período de cheias, devendo ser mantidas livres de impermeabilização e ocupação (PELEGRINI, 2021). Ao analisar a situação das APPs urbanas nas margens do Córrego Monjolinho, em São Carlos-SP, Pelegrini (2021) verificou que os maiores índices de inundações estavam associados à ocupação antrópica desordenada, promovida sem o adequado cumprimento da legislação ambiental federal. Em pesquisa sobre a legislação ambiental brasileira, Borges *et al.* (2011) observaram que a manutenção das APPs tem sido ignorada na maioria das cidades e, diante dos problemas decorrentes da inadequada preservação dessas áreas, alertaram que é desaconselhável o estabelecimento de um limite mínimo menos rigoroso para a preservação das margens dos cursos d'água urbanos, como tem sido constantemente proposto em projetos de lei.

Na bacia do córrego Lajeado, existem APPs tanto de domínio público como privado e, conforme a legislação, a recuperação ambiental de uma APP é de

responsabilidade de seu proprietário, possuidor ou ocupante (BRASIL, 2012). Ao recuperar as APPs sob sua titularidade, o poder público municipal estará cumprindo o seu dever constitucional de proteger o meio ambiente e, conseqüentemente, estará estimulando a população a exercer a responsabilidade que lhe cabe em relação à conservação dos recursos naturais.

Além das medidas de recuperação indicadas nesta pesquisa, é importante que seja feita a implantação de calçada junto à via marginal, ao longo de todos os trechos estudados. Para ampliar a proteção das APPs, sugere-se que o município implante um parque linear desde a nascente até a foz do córrego Lajeado, tendo em vista que a recuperação das faixas marginais de proteção de nascentes e de cursos d'água a fim de viabilizar a criação de parques lineares constitui uma diretriz ambiental do Plano Diretor do município de Uberlândia (UBERLÂNDIA, 2006). A implantação do parque linear nas margens do córrego Lajeado ampliará a qualidade ambiental dessa bacia hidrográfica urbana, propiciando um espaço de recreação à população do entorno e o desenvolvimento de maior valor e cuidado para com o local.

Cabe destacar que a conservação e a recuperação de APPs particulares são incentivadas pelo município de Uberlândia, por meio da Lei Ordinária nº 10.700/2011. Conforme o Art. 146 da referida lei, o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) de imóveis que sejam franqueados ao uso público e que possuam no mínimo 50% de sua área total com essências nativas arbóreas mantidas ou plantadas poderá ser reduzido de 60 a 100%, após avaliação e emissão de parecer técnico favorável da SEMEIAM (UBERLÂNDIA, 2011).

Ademais, o Art. 147 da lei supracitada prevê que as APPs urbanas particulares sem degradação ou que tenham sido recuperadas poderão ser doadas ao Município, após parecer técnico da SEMEIAM atestar a necessidade de mantê-las sob domínio público para a implantação de um projeto de revitalização de curso d'água. Assim, é importante que os proprietários das APPs particulares tenham ciência sobre os benefícios possíveis de serem concedidos pelo município perante a manutenção dessas áreas em bom estado de conservação.

## 5 CONCLUSÕES

O mapeamento da cobertura e uso do solo das APPs do córrego Lajeado permitiu verificar que a classificação digital das imagens de satélite pelo método MaxVer teve melhor desempenho do que a classificação por meio da segmentação dos valores de NDVI. Conforme esses dois métodos, em 2015 e em 2020, a vegetação ciliar foi o tipo de cobertura do solo predominante nas APPs. Quanto aos usos do solo analisados, os que estiveram em conflito com a legislação ambiental federal e municipal foram: queimada, edificação, solo exposto e pastagem, sendo este último o tipo de uso em conflito que abrangeu o maior percentual de área.

A avaliação dos impactos ambientais, mediante aplicação do PAR, mostrou que as APPs se encontram mais impactadas no Trecho 2, onde ocorre a fitofisionomia vereda. Esse resultado representa um alerta quanto à conservação da microbacia hidrográfica estudada, pois esse trecho compõe a nascente do córrego Lajeado, sendo fundamental para a manutenção hídrica desse curso d'água.

Dentre os pontos amostrados na avaliação de impactos ambientais, foram identificados seis com prioridade para recuperação: um no Trecho 1 e os demais no Trecho 2. A aplicação do PAR mostrou, ainda, que os impactos ambientais negativos mais frequentes nas APPs foram: vegetação exótica, resíduos sólidos e sedimentos.

A partir do diagnóstico ambiental realizado, entende-se que a implantação de um parque linear nas margens do córrego Lajeado pela Prefeitura Municipal de Uberlândia possibilitará recuperar e proteger as funções ambientais da vegetação ciliar nativa do referido curso d'água, despertando, na população do entorno, maior valorização e cuidado para com o local.

Diante do exposto, a presente pesquisa possibilitou a obtenção de informações sobre as irregularidades e sobre a qualidade ambiental das APPs do córrego Lajeado, bem como a apresentação de medidas a serem implementadas para a recuperação e maior proteção dessas áreas, oferecendo subsídios à elaboração e execução de estudos e projetos ambientais para uma preservação mais efetiva dos ecossistemas ripários.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **As províncias geológicas e os domínios morfoclimáticos no Brasil**. São Paulo: IGEOG/USP, 1970. 26 p.

ABBURU, S.; GOLLA, S. B. Satellite image classification methods and techniques: a review. **International Journal of Computer Applications**, New York, v. 119, n. 8, p. 20-25, jun. 2015. DOI: [10.5120/21088-3779](https://doi.org/10.5120/21088-3779). Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.695.1415&rep=rep1&type=pdf> Acesso em: 20 nov. 2021.

ABREU, K. M. P.; COUTINHO, L. M. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índice de vegetação e métricas da paisagem. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 16, n. 1, p. 173-198, jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.5935/1809-2667.20140012>. Disponível em: <https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/2503>. Acesso em: 09 fev. 2022.

ANDRADE, B. S.; MELO, M. R. S.; SILVA, M. H. S. Geoprocessamento aplicado à análise da cobertura e uso da terra na área de proteção ambiental dos mananciais do córrego Lajeado, Campo Grande – MS. **Sociedade e Território**, Natal, v. 31, n. 1, p. 200-221, jan./jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2019v31n1ID17936>. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/17936>. Acesso em: 08 fev. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Nota Técnica 04/2016**: esclarecimentos sobre capina química em ambiente urbano de intersecção com outros ambientes. Brasília, DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/notas-tecnicas/nota-tecnica-04-2016.pdf/view> Acesso em: 22 nov. 2021.

ALMEIDA, J. R. **Ciências Ambientais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Thex, 2008. 766 p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES-GONÇALVES, J. L.; SPAREVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, dez. 2013. DOI: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507). Disponível em: [https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil) Acesso em: 10 dez. 2021.

ALVES, W. S.; MARTINS, A. P.; SCOPEL, I. Análise da evolução temporal do uso e cobertura da terra na Bacia do Ribeirão da Laje, no sudoeste de Goiás, de 1987 a 2017. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 21, n. 74, p. 01-20, abr. 2020. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG217442492>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/42492>. Acesso em: 08 fev. 2022.

AMARAL, D. S. S.; NASCIMENTO, A. C. S.; SANTOS, N. M. N.; SANTOS, H. F.; SILVA, G. S. Conflitos de uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente no pré-assentamento Baixa Verde, Eunápolis (BA), em 2015. **Revista Eletrônica Multidisciplinar Pindorama**, Eunápolis, v. 8, n. 8, abr. p. 16-28, 2018. Disponível em: <https://publicacoes.ifba.edu.br/Pindorama/article/view/586/386> Acesso em: 15 fev. 2022.

AMARAL, E. A. **Diagnóstico ambiental da APP e da área inundável do rio Paranaíba em Patos de Minas/MG e diretrizes para recuperação**. 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.257> Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21439> . Acesso em: 20 set. 2019.

AMPER, R. A. L.; PUNO, G. R.; PUNO, R. C. C. Rapid assessment of the riparian zone habitat of river. **Global Journal of Environmental Science and Management**, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 175-190, abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.22034/gjesm.2019.02.04>. Disponível em: [https://www.gjesm.net/article\\_33344.html](https://www.gjesm.net/article_33344.html). Acesso em: 08 fev. 2022.

ANSELMO, M. F. **Análise temporal da relação entre uso e ocupação do solo e situação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) marginais, na bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados, SP**. 2014. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014. DOI: 10.11606/D.91.2014.tde-04062014-093100 Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-04062014\\_093100/publico/Marcelo\\_Ferreira\\_Anselmo.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-04062014_093100/publico/Marcelo_Ferreira_Anselmo.pdf). Acesso em: 15 jan. 2022.

BARBIERI, J. C. Avaliação de impacto ambiental na legislação brasileira. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 78-85, abr. 1995. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-75901995000200010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/LMWwjdgBD6Zx89ttMhXSG9H/?lang=pt>. Acesso em: 22 fev. 2022.

BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. **Rapid Bioassessment Protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish**. 2. ed. Washington: EPA, 1999. 339p. Disponível em: <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1164.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019.

BARBOSA NETO, V. C.; CABRAL, J. J. S. P.; OLIVEIRA, A. L. Protocolo de avaliação rápida do estado de conservação de um trecho de mata ciliar do rio Sinharém (PE). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 8, n. 3, p. 64-77, fev./maio 2017. DOI: <http://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.003.0007>. Disponível em: <http://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/SPC2179-6858.2017.003.0007>. Acesso em: 09 fev. 2022.

BARBOSA, J. B. M.; GOMES, W. B. MALAQUIAS, J. V.; AQUINO, F. G.; ALBUQUERQUE, L. B. Métodos de controle de braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) em área de restauração ecológica de mata ripária, DF. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 1491-1501, out./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509835096>.

Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/35096>. Acesso em: 09 fev. 2022.

BASTOS, L. A.; FERREIRA, I. M. Composições fitofisionômicas do bioma Cerrado: estudo sobre o subsistema vereda. **Espaço em Revista**, Catalão, v. 12, n. 1, ed. esp. p. 97-108, mar. 2010. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/espaco/issue/view/1116>. Acesso em: 09 fev. 2022.

BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. **Tratamento de água e efluentes**: fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos. São Paulo: Érica, 2014, 184 p.

BORGES, F. O.; OLIVEIRA, A. M. M. O impacto da urbanização em bacias hidrográficas: o caso do córrego Campo Alegre, Uberlândia – MG. *In*: BARBOSA, L. N.; FARIAS, J. F.; PAULA, E. M. S.; LANDIM NETO, F. O. (org.). **Planejamento urbano de bacias hidrográficas**. Mossoró: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2018. 154 p. p. 96-109. Disponível em: [http://www.ppggeografia.ufc.br/images/documentos/C7T1\\_compressed.pdf](http://www.ppggeografia.ufc.br/images/documentos/C7T1_compressed.pdf) Acesso em: 10 fev. 2022.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO JÚNIOR, L. M.; BARROS, D. A. Áreas de preservação permanente na legislação brasileira. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1202-2010, jul. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/4jVMhFMf3q69gvyMCnFBfpB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 fev. 2022.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRASIL. **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 novo Código Florestal. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1986. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-7511-7-julho-1986-368051-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 04 mar. 2022.

BRASIL. **Lei nº 7.803**, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/17803.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17803.htm). Acesso em: 04 mar. 2022.

BRASIL. **Lei nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1965. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/l4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l4771.htm). Acesso em: 03 fev. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do uso do solo urbano e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1979. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm). Acesso em: 06 nov. 2021.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm). Acesso em: 25 jul. 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1988. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1988/constituicao-1988-5-outubro-1988-322142-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 04 fev. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2000. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 05 dez. 2021.

BRASIL. **Medida Provisória nº 2166-7**, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/mpv/2166-67.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm). Acesso em: 27 maio 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm). Acesso em: 23 jul. 2019.

BRASIL. **Lei nº 14.285**, de 29 de dezembro de 2021. Altera as Leis nºs 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2021/lei-14285-29-dezembro-2021-792179-publicacaooriginal-164251-pl.html>. Acesso em: 30 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em: 02 mar. 2020.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002. Acesso em: 23 jul. 2019. Disponível em: <https://jbb.ibict.br/bitstream/1/708/1/Callisto%20et%20al..pdf>. Acesso em: 14 jan. 2022.

CAMPBELL, J. B.; WYNNE, R. H. **Introduction to remote sensing**. 5. ed. New York: Guilford Press, 2011. 667 p.

CARDOSO, J. A.; AQUINO, C. M. S. Mapeamento dos conflitos de uso nas áreas de preservação permanente (APPs) da microbacia do riacho do Roncador, Timon (MA). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 33, n. 3, p. 477-492, set./dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v33i3.27338>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337128886009>. Acesso em: 05 jan. 2020.

CARRIJO, B. R.; BACCARO, C. A. D. Análise sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 70-83, dez. 2000. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15254/8555>. Acesso em: 06 jan. 2021.

CARVALHO, L. F. R. **Sistema para monitoramento dos campos de murundus do Distrito Federal mediante Sensoriamento Remoto**. 2017. 109 f. Monografia (Graduação em Engenharia Aeroespacial) – Universidade de Brasília: Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://fga.unb.br/articles/0001/9227/tcc.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2020.

CARVALHO, M. S. B. S.; SOUZA, M. S. B. S.; SOUZA, M. J. N.; FILHO, M. R. F.; SOARES, A. M. L. Caracterização do uso e ocupação do estuário e entorno do Rio Pirangi (CE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003. Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1525-1532. Disponível em: <https://docplayer.com.br/73307460-Characterizacao-do-uso-e-ocupacao-do-estuario-e-entorno-do-rio-pirangi-ce.html>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CAVA, M. G. B.; ISERNHAGEN, I.; MENDONÇA, A. H.; DURIGAN, G. Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. **Hoehnea**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 301-315, abr./jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-8906-18/2016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hoehnea/i/2016.v43n2/>. Acesso em: 09 fev. 2022.

COELHO, R. C. T. P.; BUFFON, I.; GUERRA, T. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: um método para avaliar a importância da zona ripária. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 104-117, abr. 2011. DOI: [10.4136/ambiente-agua.177](https://doi.org/10.4136/ambiente-agua.177). Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92817183009>. Acesso em: 09 fev. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 01**, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1986. Disponível em: [http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1986\\_001.pdf](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf). Acesso em: 04 fev. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, DF,

1997. Disponível em: <https://portal.teu.gov.br/biblioteca-digital/resolucao-conama-237-1997-dispoe-sobre-a-revisao-e-complementacao-dos-procedimentos-e-criterios-utilizados-para-o-licenciamento-ambiental.htm>. Acesso em: 04 fev. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE– CONAMA. **Resolução N° 303**, 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em: 02 nov. 2019.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE– CONAMA. **Resolução N° 369**, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 61, p. 150-151, 29 mar. 2006. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>. Acesso em: 02 nov. 2019.

CHEN, S.; SUN, T.; YANG, F.; SUN, H.; GUAN, Y. An improved optimum-path forest clustering algorithm for remote sensing image segmentation. **Computers & Geosciences**, [s.l.], v. 112, p. 38-46, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2017.12.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300417312633?via%3Dihub>. Acesso em: 09 fev. 2022.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 4. ed. Campinas: IG/UNICAMP, 2002. 154 p.

COSTA, D. A. T.; GUIÇARDI, A. C. F.; SARDINHA, D. S.; MINCATO, R. L. Qualidade ambiental de sub-bacia hidrográfica urbana: um estudo de caso de Alfenas – MG. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 40 e20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X25907>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/25907>. Acesso em: 09 fev. 2022.

COSTA, L. C.; SARTORI, A. L. B.; POTT, A. Estudo taxonômico de *Stylosanthes* (Leguminosae-Papilionoideae-Dalbergieae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 3, p. 547-572, jul./set. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860200859310>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/jxVkv4bTPGPqvbvQKzww8jp/?lang=pt>. Acesso em: 09 fev. 2022.

COUTO, R.; GARCIA, K. J.; SILVA, M. L. Conflitos de uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente do município de Inconfidentes-MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 11, n. 7, n. esp., p. 2244-2259, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.07.p2244-2259>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf/article/view/236867>. Acesso em: 09 fev. 2022.

CUNHA, J. P. S.; LUCENA, R. C. F.; SOUSA, C. A. F. Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanente urbanas com o apoio de geotecnologias:

O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã, v. 5, n. 30, p. 42-50, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/2318847253020171538>. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/articloe/view/1538](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/articloe/view/1538). Acesso em: 09 fev. 2022.

CALIFORNIA WETLANDS MONITORING WORKGROUP – CWMW. **California Rapid Assessment Method (CRAM) for wetlands and riparian areas**. California: Kevin O'Connor, 2012. 95 p.

DALLA COSTA, S.; POMPÊO, C. A. Revitalização de cursos d'água em área urbana: caracterização e avaliação da degradação ambiental na zona de proteção legal do rio Córrego Grande, em Florianópolis - SC. *In*: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SUDESTE, 2, 2008, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2008.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Ecosistema em restauração versus ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 485-498, jul./set. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062013000300008>. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/137336>. Acesso em: 15 jan. 2022.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L.; TOREZAN, J. M.; MELO, A. C. G.; MARQUES, M. C. M.; MARTINS, S. V.; REIS, A.; SCARANO, F. R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 471-485, jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000300011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/6bnvzqDwbL8qJJsGSZfD4wB/?lang=pt>. Acesso em: 09 fev. 2022.

DURIGAN, G.; IVANAUSKAS, N. M.; ZAKIA, M. J. B.; ABREU, R. C. R. Control of Invasive Plants: ecological and socioeconomic criteria for the decision making process. **Natureza & Conservação**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 23-30, 2013. DOI: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/natcon.2013.003>. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Control-of-Invasive-Plants%3A-Ecological-and-Criteria-Durigan-Ivanauskas/bb5b06caeac441113322ccec4af02a49c80405fe>. Acesso em: 09 fev. 2022.

DURIGAN, G.; MELO, A. C. G.; MAX, J. C. M.; VILAS BOAS, O.; CONTIERI, W. A.; RAMOS, V. S. **Manual para recuperação da vegetação de cerrado**. 3. ed. São Paulo: SMA, 2011. 19 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivo e uso do Estilosantes-campo-grande**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2007. 11 p. (Comunicado técnico, 105).

FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, [s.l.], v. 25, n. 10, p. 1837-1860, 2004. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1080/0143116031000101530>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0143116031000101530>. Acesso em: 09 fev. 2022.

FERREIRA, P. V. N.; RUIZ, M. V. S.; AGUIAR, C. M. A. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade ambiental do Córrego Lagoinha, em Uberlândia (MG). **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 13, n. 1, p. 25-36, jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.17271/1980082713120171487>. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/1487](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/1487). Acesso em: 09 fev. 2022.

FRANÇA, L. C. J.; SILVA, J. B. L.; LISBOA, G. S.; MUCIDA, D. P.; CERQUEIRA, C. L.; ROCHA, S. J. S. Caracterização da cobertura vegetal em uma bacia hidrográfica do Piauí por meio de dois métodos. **BIOFIX Scientific Journal**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 62-71, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v3i1.57461>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/57461>. Acesso em: 09 fev. 2022.

FREITAS-FILHO, M. D. **Indicadores de degradação de cursos d'água em áreas urbanas**. 2010. 125 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/124487>. Acesso em: 16 ago. 2019.

GLASSON, J.; THERIVEL, R.; CHADWICK, A. **Introduction to environmental impact assessment**. 4th ed. London: Routledge, 2012. 387p.

GOMES, E. P.; PESSOA, F. C. L.; SANTANA, L. R.; CRUZ, J. S. Avaliação da degradação hídrica na bacia hidrográfica Tocantins Araguaia. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 3, p. 503-513, 2018. DOI: [https://doi.org/10.11137/2018\\_3\\_503\\_513](https://doi.org/10.11137/2018_3_503_513). Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/29747>. Acesso em: 09 fev. 2022.

GONÇALVES, R. M. G.; GIANNOTTI, E.; GIANNOTTI, J. D. G.; SILVA, A. A aplicação do modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaquí, no município de Santa Gertrudes, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 73-95, jun. 2005. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/iflorestal/ifref/RIF17-1/RIF17-1\\_73-95.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/iflorestal/ifref/RIF17-1/RIF17-1_73-95.pdf). Acesso em: 23 ago. 2019.

HAN, B.; WU, Y. A novel active contour model based on modified symmetric cross entropy for remote sensing river image segmentation. **Pattern Recognition**, [s.l.], v. 67, p. 396-409, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2017.02.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/pattern-recognition/vol/67/suppl/C>. Acesso em: 23 ago. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de uso da Terra**. 3. ed. n. 7. Rio de Janeiro, 2013.

JANSEN, A.; ROBERTSON, A.; THOMPSON, L.; WILSON, A.; WATTS, R. **Rapid Appraisal of Riparian Condition**: technical guideline for the woolgrowing districts of Tasmania. Canberra: Land Water & Wool, 2007. 18p.

JENSEN, J. R. **Introductory Digital Image Processing**: a Remote Sensing perspective. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2005. 526 p.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; LUCHIARI, A. Processamento das imagens HRG-SPOT 5 na determinação de classes de uso da terra e manchas de cobertura vegetal na região de Teodoro Sampaio – Pontal do Paranapanema. **Espaço e Tempo**, Palmas, n. 15, p. 127-136, 2004. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2004.123879>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/123879>. Acesso em: 09 fev. 2022.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Lavras, v. 33, n. 01, p. 159-174, 1977. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529310>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2529310?origin=crossref>. Acesso em: 09 fev. 2022.

LIMA, P. W. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Ciências Florestais, 2008. 245 p.

LIMA, P. W.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (ed.). **Matas ciliares conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Edusp, FAPESP, 2001. p. 33-44.

MANOEL, L. O.; ALMEIDA, N. V. A.; VILELA, M. J. A. Comunidade ictiofaunística do córrego Moeda, bacia do Alto Paraná: composição, estrutura e atributos ecológicos. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 15, n. 1, p. 125-136, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.17271/1980082715120192068>. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/2068](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/2068). Acesso em: 09 fev. 2022.

MARINHO, P. H. A.; DE SOUSA, R. M.; MEDEIROS, P. C. A. O.; VIOLA, M. R.; GIONGO, M. Classificação de imagem orbital pelo método de máxima verossimilhança em Sucupira-TO. **Agrarian Academy**, [s.l.], v. 4, n. 7, p. 115-124, jul. 2017. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/agrarian/article/view/5114>. Acesso em: 09 fev. 2022.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**: no contexto do Novo Código Florestal. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014, v. 1, 220 p.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 2, n. 21, p. 5-18, abr. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sn/v21n1/v21n1a01.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2021.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2012. 266 p.

MESQUITA, E. A.; CRUZ, M. L. B.; PINHEIRO, L. R. O. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento das formas de uso da terra na Área de Preservação Permanente (APP) da lagoa do Uruaú – Beberibe/CE. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n. 4, ed. esp. p. 1509-1518, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2238>. Acesso em: 06 jan. 2021.

MILARÉ, E. Estudo prévio de impacto ambiental no Brasil. *In*: AB’SABER, A.N.; PLANTEN-BERG, C.M. (org.). **Previsão de impactos**. São Paulo: Edusp, 1994.

MINAS GERAIS. **Lei nº 9.682**, de 12 de outubro de 1988. Altera a ementa e o artigo 1º da Lei nº 9.375, de 12 de dezembro de 1986, que declara de interesse comum e de preservação permanente os ecossistemas das veredas do vale do rio São Francisco e dá outras providências. Diário do Executivo: Belo Horizonte-MG, 1986. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2215>. Acesso em: 03 fev. 2020.

MINAS GERAIS. **Lei nº 9375**, de 12 de dezembro de 1986. Declara de interesse comum e de preservação permanente os ecossistemas das veredas do vale do Rio São Francisco e dá outras providências. Belo Horizonte-MG, 1986. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/mg/lei-ordinaria-n-9375-1986-minas-gerais-dispoe-sobre-as-politicas-florestal-e-de-protecao-a-biodiversidade-no-estado>. Acesso em: 05 mar. 2022.

MINATTI-FERREIRA D. D.; BEAUMORD, A. C. Avaliação rápida de integridade ambiental das sub-bacias do rio Itajaí-Mirim no Município de Brusque, SC. **Health and Environmental Journal**, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 21-27, 2004.

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. **Revista Saúde e Ambiente**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 39-47, 2006. Disponível em: [https://www.academia.edu/3652003/Minatti-Ferreira\\_and\\_Beaumord\\_2006](https://www.academia.edu/3652003/Minatti-Ferreira_and_Beaumord_2006). Acesso em: 14 ago. 2019.

MORAIS, M. C. M.; LOPES, E. R. N.; SOUZA, J. C.; SALES, J. C. A.; SOUSA, J. A. P.; PADOVANI, N. G.; LOURENÇO, R. W.; ROMAGNANO, L. F. T. Delimitação de áreas de preservação permanente (APP) na bacia hidrográfica do rio Una – Ibiúna, SP. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2017. Santos. **Anais** [...]. Santos: INPE, 2017. p. 3854-3861. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr/papers/delimitacao-de-areas-de-preservacao-permanente--app--na-bacia-hidrografica-do-rio-una-----ibiuna--sp?lang=pt-br>. Acesso em: 20 dez. 2021.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R.; DALFI, R. F.; SANTOS, G. M. A. D. A.; EUGENIO, F. C. Confronto de uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 2, p. 141-152, abr./maio 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.019012>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/floram/a/pfFhggLhCBkqV3KXKss69vq/?lang=pt>. Acesso em: 09 fev. 2022.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES – NAS. **Riparian areas: functions and strategies for management**. Washington: The National Academies Press, 2002. 448p. <https://doi.org/10.17226/10327>.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 9-16, 1989. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/61554/31798>. Acesso em: 05 mar. 2022.

NUNES, E. J. S.; SILVA, E. P.; SOUZA, E.; FILHO, J. A. R.; SILVA, D. S. N. Geotecnologias no diagnóstico de conflitos de uso do solo de uma microbacia do município de Alta Floresta – MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 689-697, set. 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509819619>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/19619>. Acesso em: 09 fev. 2022.

PADOVESI-FONSECA, C.; CORRÊA, A. C. G.; LEITE, G. F. M.; JOVELL, J. C.; COSTA, L. C.; PEREIRA, S. T. Diagnóstico da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 43-56, abr. 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92812526005>. Acesso em: 15 dez. 2021.

PASSOS, J. S.; SALES, J. C.; LIMA, G. S. A. Análise das Áreas de Preservação Permanente na região metropolitana de Goiânia (RMG), no período de 1986 a 2016. In: TÚLIO, L. (org.). **Aplicações e princípios do Sensoriamento Remoto**. Ponta Grossa: Atena, 2018. v. 1, 248 p.

PETRUCCI, E.; OLIVEIRA, L. V. A. Relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações máximas de 24 horas e equações de chuvas intensas para a cidade de Uberlândia-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, ano 15, v. 25, p. 337-354, jul./dez. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.57767>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/57767>. Acesso em: 09 fev. 2022.

PELEGRINI, M. S. Áreas de preservação permanente urbanas e análise de Inundações no município de São Carlos-aplicação do código florestal brasileiro no córrego do Monjolinho. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 3003-3017, jul./set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-019>. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/32970>. Acesso em: 17 fev. 2022.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. 2. ed. Barueri: Manole, 2014. 1250 p.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudos das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão de Santa Cruz, Lavras-MG. **Scientia Florestalis**, Piracicaba v. 1, n. 65, p. 197-206. jun. 2004. Disponível em:

<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/17277>. Acesso em: 09 fev. 2022.

PLAFKIN, J. L.; BARBOUR, M. T.; PORTER, K. D.; GROSS, S. K.; HUGHES, R. M. **Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1989, 339p.

POTT, A.; POTT, V. J. Plantas Nativas para Recuperação de Áreas Degradadas e Reposição de Vegetação em Mato Grosso do Sul. **Comunicado Técnico 75 - Embrapa**, Campo Grande, set. 2002. Disponível em: Acesso em: 05 mar. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/325575/plantas-nativas-para-recuperacao-de-areas-degradadas-e-reposicao-de-vegetacao-em-mato-grosso-do-sul>. Acesso em: 05 mar. 2022.

RAWAT, J. S.; KUMAR, M. Monitoramento do uso do solo / mudança de cobertura usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG: estudo de caso do bloco Hawalbagh, distrito Almora, Uttarakhand, Índia. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, [s.l.], v. 18, n. 1, p. 77-84, 2015.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina (DF): EMBRAPA - CPAC, 2008. p. 152-212.

RIGOTTI, J. A.; POMPÊO, C. A. Estudo de revitalização de cursos d'água: bacia hidrográfica do futuro Campus UFSC, Joinville – SC. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011. Maceió. **Anais [...]**. Maceió, 2011. p. 1-20.

RODRIGUES, A. S. L. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres**. 2008. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2140>. Acesso em: 15 ago. 2019.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-170, jan./mar. 2008. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=15&SUMARIO=188>. Acesso em: 09 fev. 2022.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Ouro Preto-MG através de um protocolo de avaliação rápida. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 10, n. 1, p. 74-83, jan./jun. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2008v10n1p74-83>. Disponível em: <https://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/904>. Acesso em: 09 fev. 2022.

RODRIGUES, R. R. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (ed.). **Matas Ciliares: conservação e**

recuperação. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004. p. 91-99. Disponível em: <http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=2009:recursos:rodrigues-2004.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: EDUFU, 2013. 142 p.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 81-90, mar. 2005. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009>. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288/51024>. Acesso em: 03 fev. 2020.

ROSA, N. M. G.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Aplicabilidade de Protocolos de Avaliação Rápida (PARs) no diagnóstico ambiental de sistemas fluviais: o caso do Parque Nacional da Serra do Gandarela (MG). **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 29, n. 57, p. 441-464, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n57p441-464>. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/19567>. Acesso em: 09 fev. 2022.

ROUSE, J. W.; HAAS, J. A.; SEHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems the Great Plains whit ERTS. In: ERTS-1 SYMPOSIUM, 3., 1974, Washington. **Anais** [...]. Washington: NSASA, 1974. p. 309-317. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740022614/downloads/19740022614.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2022.

SÂNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficinas de Textos, 2013. 529 p.

SANTOS, C. S.; MIRANDA, L. C.; BORDALO, C. A. L. Conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica do rio Igarapé-Açu – PA. **Revista Equador**, Teresina, v. 8, n. 2, p. 30-46, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/9138>. Acesso em: 25 nov. 2019.

SANTOS, K. P.; KOPP, K.; OLIVEIRA, W. N. Métodos de avaliação rápida da integridade ambiental aplicados à Bacia do Ribeirão Sozinha, Goiás. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 462-471, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v20n2.p462-471>. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=157&SUMARIO=5071>. Acesso em: 25 nov. 2019.

SANTOS, P. R.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F. S.; RAMOS, R. C.; FERREIRA, A. B. R.; RESENDE, F. C. Análise das queimadas no cerrado e sua relação com o NDVI para os anos de 2000 a 2014. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, n. 2, p. 134-157, 2018a. DOI: <http://dx.doi.org/10.51359/2238-6211.2018.229312>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229312/29075>. Acesso em: 06 jan. 2021.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SANTOS, R. M.; LIMA, V. O. B.; VICENTE, M. R.; CÂMARA, T. M.; MENDES, C. C. A.; SILVA, D. M.; BARBOSA, G. S. Relação entre resposta espectral, biomassa e estoque de carbono em ocorrências de Cerrado na porção mineira da bacia do Rio Pardo: estudo preliminar. *In*: TULLIO, L. (org.). **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto**. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018b, p. 199-208.

SERVILHERI, J. G.; OLIVEIRA, F. H.; LEMES, W. F.; BARBOSA, J. F. Uso de poleiros artificiais na recomposição do banco de sementes em área de mata ciliar. **UNINGÁ Review Journal**, Maringá, v. 36, p. 1-8, dez. 2021. Disponível em: <http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/3713>. Acesso em: 09 fev. 2022.

SIMBERLOFF, D.; REJMÁNEK, M. **Encyclopedia of Biological Invasions**. Los Angeles: University of California Press, 2011. 792 p.

SILVA, C. R.; ANDRADE, S. L.; PACHECO, A. P. Avaliação de técnicas de processamento de imagem na identificação de impactos ambientais em linha de transmissão de energia elétrica. **Ciência e Natura**, Lages, v. 38, n.1, p. 145-155, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711732018589>. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/10482>. Acesso em: 09 fev. 2022.

SILVA, C. V. **Análise multitemporal da Área de Preservação Permanente (APP) da Ilha de Mosqueiro/PA**. 2019. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/592>. Acesso em: 02 nov. 2019.

SILVA, L. S.; SILVA, E. Impactos socioambientais causados pelo lixo na cidade de Itaguaí. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 04, n.1, p. 60-72, 2015.

SILVA, M. S.; LEMOS, S. S.; MORAES, A. B. Uso de geotecnologias para delimitação de Áreas de Preservação Permanente e análise das áreas de conflito de uso e ocupação do solo na zona urbana do município de Mãe do Rio – PA. *In*: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 7., 2018, Jardim. **Anais [...]**. Jardim, 2018, p. 411-420.

SILVA, R. G.; FARIA, R. A. V. B. F.; MOREIRA, L. G.; PEREIRA, T. L.; SILVA, C. H.; BOTELHO, S. A. Avaliação do processo de restauração de área de preservação permanente degradada no sul de Minas Gerais. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 9, n. 1, p. 147-162. jan./mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n1p147-162>. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/3711>. Acesso em: 09 fev. 2022.

SILVA, R. R. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeding of brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. **Applied Vegetation Science**, [s.l.], v. 20, p. 410-421, fev. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12305>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/avsc.12305>. Acesso em: 09 fev. 2022.

SILVA, V. F.; PEREIRA, J. S.; COSME, A. M. F.; PESSOA, D. S.; MARTINS, W. A.; LIMA, V. L. A.; NETO, J. D. Análise da degradação da vegetação nativa em Área de Preservação Permanente na Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 1, p. 121-130, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p121-130>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/241669>. Acesso em: 09 fev. 2022.

SILVEIRA, E. R.; MELO, A. C. G.; CONTIÉRI, W. A.; DURIGAN, G. Controle de gramíneas exóticas em plantio de restauração do Cerrado. In: DURIGAN, G.; RAMOS, V. S. (org.). **Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas**. São Paulo: Páginas & Letras, v. 1. 2013. p. 5-7.

SILVEIRA, L. P.; PIUZANA, D.; PEREIRA, I. M.; LAFETÁ, B. O.; SANTOS, J. B. Evaluation of different methods to control invasive alien grass weeds in a degraded área. **African Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 13, n. 32, p. 1655-1660, aug. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13276>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/566DB4158025>. Acesso em: 09 fev. 2022.

SOARES, A. M.; NISHIYAMA, L.; SILVA, D. C. A urbanização na bacia do Córrego da Lagoinha e geração de runoff – setor sul do perímetro urbano de Uberlândia/MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 11., 2016, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: UEM, 2016. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/8/8-617-1759.html>. Acesso em: 14 jul. 2019.

SOUZA, I. C. **Diagnóstico ambiental da bacia do rio Caratinga utilizando Índice de Qualidade de Água e Protocolo de Avaliação Rápida**. 2018. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/10603>. Acesso em: 26 out. 2019.

SOUZA, L. M. F. I.; GONÇALVES, E. T. **Guia de Restauração para o Cerrado Mineiro: como recuperar e conservar sua fauna e flora**. Piracicaba: Imaflora, 2019. 60p.

SOUZA, S. R.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; JESUÍNO, S. A. Caracterização do conflito de uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente do rio Apeú, nordeste do Pará. **Floresta**, [s.l.], v. 42, n. 4, p. 701-710, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v42i4.19508>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/19508>. Acesso em: 09 fev. 2022.

TENGFEL, S. Scale-variable region-merging for high resolution remote sensing image segmentation. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, [s.l.], v. 147, p. 319-334, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.12.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924271618303320?via%3Dihub>. Acesso em: 09 fev. 2022.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres ambientais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. 196 p.

TSUJII, P. K.; RIBEIRO, A. C. C.; CARNEIRO, V. A.; NETO, C. M. S.; GONÇALVES, B. B. Uso e ocupação das áreas de preservação permanentes no sudoeste goiano. **Revista de Geografia** (UFPE), Recife, v. 31, n. 3, p. 43-60, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229071/23476>. Acesso em: 22 set. 2019.

UBERLÂNDIA (MG). Prefeitura Municipal de Uberlândia. Departamento Municipal de água e esgoto – DMAE. **Ecopontos**. Uberlândia, 2021b. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/meio-ambiente/ecopontos-2/>. Acesso em: 07 nov. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). Prefeitura Municipal de Uberlândia. Departamento Municipal de água e esgoto – DMAE. **Coleta Seletiva**. Uberlândia, 2021a. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/servicos-dmae/residuos-solidos/coleta-seletiva/>. Acesso em: 07 nov. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei Complementar nº 17 de 04 de dezembro de 1991**: dispõe sobre a política de proteção, controle e conservação do meio ambiente e dá outras providências. Uberlândia: Diário Oficial, 1991. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/1991/1/17/lei-complementar-n-17-1991-dispoe-sobre-a-politica-de-protecao-controle-e-conservacao-do-meio-ambiente-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 20 jan. 2022.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei nº 224**, de 23 de dezembro de 1999. Dispõe sobre o parcelamento e zoneamento do uso e ocupação do solo do município de Uberlândia. Diário Oficial do Município, Uberlândia-MG, 1999. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/1999/22/224/lei-complementar-n-224-1999-dispoe-sobre-o-parcelamento-e-zoneamento-do-uso-e-ocupacao-do-solo-do-municipio-de-uberlandia>. Acesso em: 09 set. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei nº 432**, de 19 de outubro de 2006. Aprova o Plano Diretor do Município de Uberlândia, estabelece os princípios básicos e as diretrizes para sua implantação, revoga a Lei Complementar Nº 078 de 27 de abril de 1994 e dá outras providências. Diário Oficial do Município, Uberlândia-MG, 2011. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/2006/43/432/lei-complementar-n-432-2006-aprova-o-plano-diretor-do-municipio-de-uberlandia-estabelece-os-principios-basicos-e-as-diretrizes-para-sua-implantacao-revoga-a-lei-complementar-n-078-de-27-de-abril-de-1994-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 09 set. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei nº 10.700**, de 09 de março de 2011. Dispõe sobre a política de proteção, controle e conservação do meio ambiente, revoga a Lei Complementar nº 017, de 04 de novembro de 1991 e suas alterações, e dá outras providências. Diário Oficial do Município, Uberlândia-MG, 2011. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-ordinaria/2011/1070/10700/lei-ordinaria-n-10700-2011-dispoe-sobre-a-politica-de-protecao-controle-e-conservacao-do-meio-ambiente-revoga-a-lei-complementar-n-17-de-04-de-dezembro-de-1991-e-suas-alteracoes-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 09 set. 2021.

VALE, J. R. R.; COSTA, J. A.; SANTOS, J. F.; SILVA, E. L. S.; FAVACHO, A.T. Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de Medicilândia, Pará. **Inter Espaço**, Grajaú, v. 4, n. 13, p. 26-44, jan./abr. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.v4n13p26-44>. Disponível em:

<http://www.periodicos eletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/7884>.

Acesso em: 09 fev. 2022.

VALÉRY, L.; FRITZ, H.; LEFEUVRE, J. C.; SIMBERLOFF, D. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. **Biological Invasions**, [s.l.], v. 10, p. 1345-1351, fev. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9209-7>.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-007-9209-7>. Acesso em: 09 fev. 2022.

VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida na caracterização da qualidade ambiental de duas microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 161-168, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v17n1.p161-16>. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=61&SUMARIO=811>. Acesso em: 09 fev. 2022.

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANEPPELE, J. C. G. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016. 50 p.

ZANATA, J. A.; PIROLI, E. L.; DELATORRE, C. C. M.; GIMENES, G. R. Análise do uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente da microbacia Ribeirão Bonito, apoiada em técnicas de geoprocessamento. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n. 4, p. 1262-1272, 2012. Disponível em:

<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2185>.

Acesso em: 09 fev. 2022.

**ANEXO A – Parâmetros e valores para a avaliação de impactos ambientais negativos nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, em Uberlândia-MG.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
<b>1.1. Corte ou remoção da vegetação</b>	
Presença de 100% a 95% de vegetação ciliar	0
Presença de 94% a 85% de vegetação ciliar	1
Presença de 84% a 50% de vegetação ciliar	2
Presença de menos de 50% de vegetação ciliar	3
<b>1.2. Substituição parcial ou total da vegetação nativa por espécies exóticas</b>	
Presença de 100% a 90% e vegetação natural	0
Presença de 89% a 70% e vegetação natural	1
Presença de 69% a 50% e vegetação natural	2
Abaixo de 50% de vegetação natural	3
<b>2.1. Presença de processos erosivos visíveis</b>	
Ausência de pontos de erosão	0
Erosão de pequena dimensão, aparência estável, sem exposição do lençol freático	1
Erosão de média dimensão, aparência instável, com risco de exposição do lençol freático	2
Erosão de grande dimensão, totalmente instável ou com exposição evidente do lençol freático (voçoroca)	3
<b>2.2. Presença de sedimentos</b>	
Ausência de sedimentos	0
Pequena quantidade de sedimentos	1
Quantidade expressiva de sedimentos	2
Área amplamente coberta por sedimentos	3
<b>2.3. Presença de lançamento de águas pluviais urbanas</b>	
Não há lançamento de águas pluviais	0
Presença de lançamento de águas pluviais com estrutura de dissipação de energia hidráulica totalmente eficaz	1
Presença de lançamento águas pluviais com estrutura de dissipação de energia hidráulica pouco eficaz	2
Presença de lançamento de águas pluviais com estrutura de dissipação de energia hidráulica ineficaz ou inexistente	3

continua...

## **ANEXO A, Cont.**

---

<b>3.1. Presença de resíduos sólidos</b>	
Ausência de resíduos sólidos	0
Resíduos sólidos com pequenas dimensões, com possibilidade de remoção manual (sacolas, embalagens, garrafas pet e dimensões semelhantes)	1
Resíduos sólidos com grandes dimensões, sendo necessário o uso de maquinário para remoção (mobiliários, eletrodomésticos, pneus e dimensões semelhantes)	2
Resíduos diversos contaminados (lixo doméstico com possibilidade de produção de chorume, embalagens com produtos químicos, entre outros)	3

---

<b>4.1. Presença de edificação</b>	
Impermeabilização ausente	0
Até 5% de área impermeabilizada	1
Entre 6% e 15% da área impermeabilizada	2
Acima de 15% da área impermeabilizada	3

---

Fonte: Rigotti; Pompeu (2011), adaptada.

**ANEXO B** – Matriz de confusão com a estatística da classificação por MaxVer e o índice *Kappa* obtidos para a imagem do satélite CBERS 4 de 2015.

**Matriz de confusão MAXVER – Imagem de 2015**

*Overall Accuracy* = (11521/11638) 98.9947%

*Kappa Coefficient* = 0.9876

<b>Ground Truth (Pixels)</b>							
Classe	Água	Edificação	Queimada	Solo exposto	Pastagem	Vegetação ciliar	Total
Não classif.	0	0	0	0	0	0	0
Água	1900	0	0	0	0	0	1900
Edificação	0	2719	0	0	0	0	2719
Queimada	15	26	1057	0	0	0	1098
Solo exposto	0	36	0	1499	0	0	1535
Pastagem	0	26	0	0	3101	14	3141
Veg. ciliar	0	0	0	0	0	1245	1245
Total	1915	2807	1057	1499	3101	1259	11638
<b>Ground Truth (Percent)</b>							
Classe	Água	Edificação	Queimada	Solo exposto	Pastagem	Vegetação ciliar	Total
Não classif.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Água	99.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.33
Edificação	0.00	96.86	0.00	0.00	0.00	0.00	23.36
Queimada	0.78	0.93	100.00	0.00	0.00	0.00	9.43
Solo exposto	0.00	1.28	0.00	100.00	0.00	0.00	13.19
Pastagem	0.00	0.93	0.00	0.00	100.00	1.11	26.99
Veg. ciliar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.89	10.70
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Classe	<i>Commission</i>	<i>Omission</i>	<i>Commission</i>	<i>Omission</i>			
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)			
Água	0.00	0.78	0/1900	15/1915			
Edificação	0.00	3.14	0/2719	88/2807			
Queimada	3.73	0.00	41/1098	0/1057			
Solo exposto	2.35	0.00	36/1535	0/1499			
Pastagem	1.27	0.00	40/3141	0/3101			
Vegetação ciliar	0.00	1.11	0/1245	14/1259			
Classe	<i>Prod. Acc.</i>	<i>User Acc.</i>	<i>Prod. Acc.</i>	<i>User Acc.</i>			
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)			
Água	99.22	100.00	1900/1915	1900/1900			
Edificação	96.86	100.00	2719/2807	2719/2719			
Queimada	100.00	96.27	1057/1057	1057/1098			
Solo exposto	100.00	97.65	1499/1499	1499/1535			
Pastagem	100.00	98.73	3101/3101	3101/3141			
Vegetação ciliar	98.89	100.00	1245/1259	1245/1245			

Fonte: A autora.

**ANEXO C** – Matriz de confusão com a estatística da classificação por MaxVer e o índice *Kappa* obtidos para a imagem do satélite CBERS 4 de 2020.

**Matriz de confusão MAXVER – Imagem de 2020**

*Overall Accuracy* = (7226/7271) 99.3811%

*Kappa Coefficient* = 0.9918

<b>Ground Truth (Pixels)</b>						
Classe	Água	Edificação	Solo exposto	Pastagem	Vegetação ciliar	Total
Não classificado	0	0	0	0	0	0
Água	2770	0	0	0	0	2770
Edificação	42	1177	0	0	0	1219
Solo exposto	0	0	1023	0	0	1023
Pastagem	0	1	0	1240	1	1242
Vegetação ciliar	1	0	0	0	1016	1017
Total	2813	1178	1023	1240	1017	7271
<b>Ground Truth (Percent)</b>						
Classe	Água	Edificação	Solo expo	Pastagem	Vegetação ciliar	Total
Não classificado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Água	98.47	0.00	0.00	0.00	0.00	38.10
Edificação	1.49	99.92	0.00	0.00	0.00	16.77
Solo exposto	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	14.07
Pastagem	0.00	0.08	0.00	100.00	0.10	17.08
Vegetação ciliar	0.04	0.00	0.00	0.00	99.90	13.99
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Classe	Commission	Omission	Commission	Omission		
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)		
Água	0.00	1.53	0/2770	43/2813		
Edificação	3.45	0.08	42/1219	1/1178		
Solo exposto	0.00	0.00	0/1023	0/1023		
Pastagem	0.16	0.00	2/1242	0/1240		
Vegetação ciliar	0.10	0.10	1/1017	1/1017		
Classe	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.		
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)		
Água	98.47	100.00	2770/2813	2770/2770		
Edificação	99.92	96.55	1177/1178	1177/1219		
Solo exposto	100.00	100.00	1023/1023	1023/1023		
Pastagem	100.00	99.84	1240/1240	1240/1242		
Vegetação ciliar	99.90	99.90	1016/1017	1016/1017		

Fonte: A autora.

**ANEXO D** – Matriz de confusão com a estatística da classificação por segmentação dos valores de NDVI e o índice *Kappa* obtidos para a imagem do satélite CBERS 4 de 2015.

**Matriz de confusão NDVI – Imagem de 2015**

*Overall Accuracy* = (7140/11638) 61.3507%

*Kappa Coefficient* = 0.5401

<b>Ground Truth (Pixels)</b>							
Classe	Água	Queimada	Edificação	Solo exposto	Pastagem	Veg. ciliar	Total
Não classific.	1245	0	0	0	0	0	1245
<i>Density slice</i>	670	163	139	0	0	0	972
<i>Density slice</i>	0	818	194	0	0	0	1012
<i>Density slice</i>	0	73	641	621	0	0	1335
<i>Density slice</i>	0	3	1800	877	118	0	2798
<i>Density slice</i>	0	0	33	1	2875	0	2909
<i>Density slice</i>	0	0	0	0	108	1259	1367
Total	1915	1057	2807	1499	3101	1259	11638
<b>Ground Truth (Percent)</b>							
Classe	Água	Queimada	Edificação	Solo exposto	Pastagem	Veg. ciliar	Total
Não classific.	65.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.70
<i>Density slice</i>	34.99	15.42	4.95	0.00	0.00	0.00	8.35
<i>Density slice</i>	0.00	77.39	6.91	0.00	0.00	0.00	8.70
<i>Density slice</i>	0.00	6.91	22.84	41.43	0.00	0.00	11.47
<i>Density slice</i>	0.00	0.28	64.13	58.51	3.81	0.00	24.04
<i>Density slice</i>	0.00	0.00	1.18	0.07	92.71	0.00	25.00
<i>Density slice</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	3.48	100.00	11.75
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Classe	<i>Commission</i>	<i>Omission</i>	<i>Commission</i>	<i>Omission</i>			
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)			
<i>Density slice</i>	31.07	65.01	302/972	1245/1915			
<i>Density slice</i>	19.17	22.61	194/1012	239/1057			
<i>Density slice</i>	51.99	77.16	694/1335	2166/2807			
<i>Density slice</i>	68.66	41.49	1921/2798	622/1499			
<i>Density slice</i>	1.17	7.29	34/2909	226/3101			
<i>Density slice</i>	7.90	0.00	108/1367	0/1259			
Classe	<i>Prod. Acc.</i>	<i>User Acc.</i>	<i>Prod. Acc.</i>	<i>User Acc.</i>			
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)			
<i>Density slice</i>	34.99	68.93	670/1915	670/972			
<i>Density slice</i>	77.39	80.83	818/1057	818/1012			
<i>Density slice</i>	22.84	48.01	641/2807	641/1335			
<i>Density slice</i>	58.51	31.34	877/1499	877/2798			
<i>Density slice</i>	92.71	98.83	2875/3101	2875/2909			
<i>Density slice</i>	100.00	92.10	1259/1259	1259/1367			

Fonte: A autora.

**ANEXO E** – Matriz de confusão com a estatística da classificação por segmentação dos valores de NDVI e o índice *Kappa* obtidos para a imagem do satélite CBERS 4 de 2020.

**Matriz de confusão NDVI – Imagem de 2020**

*Overall Accuracy* = (5135/7271) 70.6230%

*Kappa Coefficient* = 0.6080

<b>Ground Truth (Pixels)</b>						
Classe	Água	Edificação	Solo exposto	Pastagem	Vegetação ciliar	Total
Não classificado	5	0	0	0	0	5
<i>Density slice</i>	2805	233	1	0	0	3039
<i>Density slice</i>	1	702	921	0	0	1624
<i>Density slice</i>	1	243	101	109	0	454
<i>Density slice</i>	0	0	0	565	55	620
<i>Density slice</i>	1	0	0	566	962	1529
Total	2813	1178	1023	1240	1017	7271
<b>Ground Truth (Percent)</b>						
Classe	Água	Edificação	Solo exposto	Pastagem	Vegetação ciliar	
Não classificado	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
<i>Density slice</i>	99.72	19.78	0.10	0.00	0.00	41.80
<i>Density slice</i>	0.04	59.59	90.03	0.00	0.00	22.34
<i>Density slice</i>	0.04	20.63	9.87	8.79	0.00	6.24
<i>Density slice</i>	0.00	0.00	0.00	45.56	5.41	8.53
<i>Density slice</i>	0.04	0.00	0.00	45.65	94.59	21.03
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Classe	<i>Commission</i>	<i>Omission</i>	<i>Commission</i>	<i>Omission</i>		
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)		
<i>Density slice</i>	7.70	0.28	234/3039	8/2813		
<i>Density slice</i>	56.77	40.41	922/1624	476/1178		
<i>Density slice</i>	77.75	90.13	353/454	922/1023		
<i>Density slice</i>	8.87	54.44	55/620	675/1240		
<i>Density slice</i>	37.08	5.41	567/1529	55/1017		
Classe	<i>Prod. Acc.</i>	<i>User Acc.</i>	<i>Prod. Acc.</i>	<i>User Acc.</i>		
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)		
<i>Density slice</i>	99.72	92.30	2805/2813	2805/3039		
<i>Density slice</i>	59.59	43.23	702/1178	702/1624		
<i>Density slice</i>	9.87	22.25	101/1023	101/454		
<i>Density slice</i>	45.56	91.13	565/1240	565/620		
<i>Density slice</i>	94.59	62.92	962/1017	962/1529		

Fonte: A autora.

**ANEXO F** – Espécies nativas recomendadas para recuperação de áreas degradadas e restauração da vegetação do bioma Cerrado, conforme Durigan *et al.* (2011) e Pott e Pott (2002).

<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Ocorrência natural</b>
<i>Acrocomia aculeata</i>	Macaúba	MG
<i>Alibertia edulis</i>	Marmelada	MG
<i>Annona coriacea</i>	Marolo	CT
<i>Annona crassiflora</i>	Araticum	CT
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	Murici-de-flor-rosa	CT
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guanandi	MG
<i>Caryocar brasiliense</i>	Pequi	CT
<i>Casearia sylvestris</i>	Guaçatonga	MG
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba	MG
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	Vermelhinho	MG
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	CT / MG
<i>Croton urucurana</i>	Sangra-d'água	MG
<i>Curatella americana</i>	Lixeira	CT / MG
<i>Dalbergia miscolobium</i>	Jacarandá-violeta	CT
<i>Dendropanax cuneatum</i>	Maria-mole	MG
<i>Diospyros hispida</i>	Caqui-do-cerrado	CT
<i>Eriotheca gracilipes</i>	Paineira-do-campo	CT
<i>Erythrina mulungu</i>	Mulungu	MG
<i>Eugenia dysenterica</i>	Cagaita	CT
<i>Ficus insipida</i>	Figueira-do-brejo	MG
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Chico-magro	MG
<i>Gochnatia polymorpha</i>	Cambará	MG
<i>Hancornia speciosa</i>	Mangaba	CT
<i>Hirtella gracilipes</i>	Pitanga-da-pindaíba	MG
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	MG
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Jatobá-do-cerrado	CT
<i>Inga laurina</i>	Ingá-do-cerrado	MG
<i>Inga vera</i>	Ingá	MG
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	Caroba	CT

<i>Lafoensia pacari</i>	Dedaleiro	CT / MG
<i>Machaerium acutifolium</i>	Jacarandá-do-campo	CT
<i>Magnolia ovata</i>	Magnólia-do-brejo	MG
<i>Mauritia flexuosa</i>	Buriti	MG
<i>Nectandra cuspidata</i>	Canelão	MG
<i>Ocotea corymbosa</i>	Canelinha	MG
<i>Ouratea spectabilis</i>	Batiputá	CT
<i>Pera obovata</i>	Pimenteira	MG
<i>Piper arboreum</i>	Jaborandi	MG
<i>Platypodium elegans</i>	Amendoim-do-campo	CT
<i>Pouteria ramiflora</i>	Abiu	CT
<i>Pouteria torta</i>	Abiu-do-cerrado	CT
<i>Protium heptaphyllum</i>	Breu	MG
<i>Prunus myrtifolia</i>	Pessegueiro-bravo	MG
<i>Qualea grandiflora</i>	Pau-terra	CT
<i>Qualea multiflora</i>	Pau-terra-miúdo	CT
<i>Rapanea gardneriana</i>	Capororoca	MG
<i>Rapanea guianensis</i>	Capororoca	CT
<i>Rapanea umbellata</i>	Capororoca	MG
<i>Roupala montana</i>	Carne-de- vaca	CT / MG
<i>Styrax camporum</i>	Laranjeira	CT
<i>Styrax ferrugineus</i>	Laranjeira	CT
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Jerivá	MG
<i>Tabebuia aurea</i>	Ipê-amarelo	CT
<i>Tabebuia ochracea</i>	Ipê-amarelo	CT
<i>Tapirira guianensis</i>	Peito-de-pombo	MG
<i>Terminalia brasiliensis</i>	Capitão-do-campo	MG
<i>Vitex cymosa</i>	Tarumã	MG
<i>Vochysia tucanorum</i>	Pau-de-tucano	CT / MG
<i>Xylopia aromatica</i>	Pimenta-de-macaco	CT / MG
<i>Xylopia emarginata</i>	Pindaíba-do-brejo	MG

---

CT = cerrado típico; MG = mata de galeria, beira de cursos d'água.