

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Aline Kraeski

**CONVERSÃO DE ÁREAS E IMPACTOS ANTRÓPICOS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO TELES PIRES**

**SINOP  
MATO GROSSO - BRASIL  
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Aline Kraeski

**CONVERSÃO DE ÁREAS E IMPACTOS ANTRÓPICOS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO TELES PIRES**

Orientador: Prof. Dr. Frederico Terra de Almeida  
Co-orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Tânia Maria de Carvalho  
Co-orientador: Prof. Dr. Adilson Pacheco de Souza

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, na área de concentração Biodiversidade e Bioprospecção, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de pesquisa: Recursos Naturais.

**SINOP  
MATO GROSSO - BRASIL  
2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

K89c Kraeski, Aline.  
Conversão de áreas e impactos antrópicos na bacia hidrográfica do rio  
Teles Pires / Aline Kraeski. -- 2021  
75 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Frederico Terra de Almeida.  
Co-orientador: Tânia Maria de Carvalho e Adilson Pacheco de Souza.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto  
de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Ambientais, Sinop, 2021.  
Inclui bibliografia.

1. Uso e ocupação da terra. 2. Degradação de APPs. 3. Recursos  
hídricos. 4. Amazônia Legal. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

# FOLHA DE APROVAÇÃO

23/03/2021

SEI/UFMT - 3319282 - MESTRADO - Folha de Aprovação



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**  
**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: "Conversão de áreas e impactos antrópicos na bacia hidrográfica do rio Teles Pires"**

AUTOR (A): MESTRANDO (A) Aline Kraeski

Dissertação defendida e aprovada em 19/03/2021.

## COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor(a) TANIA MARIA DE CARVALHO (Presidente Banca / Orientador)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

2. Doutor(a) Cornélio Alberto Zolin (Examinador Interno)

INSTITUIÇÃO: EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL

3. Pós-Doutor(a) Laurimar Gonçalves Vendrusculo (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL

4. Doutor(a) Adilson Pacheco de Souza (Examinador Suplente)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

5. Doutor(a) Ciro Augusto de Souza Magalhães (Examinador Suplente)

INSTITUIÇÃO: EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL

SINOP, 19/03/2021.



Documento assinado eletronicamente por **Laurimar Gonçalves Vendrusculo, Usuário Externo**, em 23/03/2021, às 11:50, 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 **Ciro Augusto de Souza Magalhães, Usuário Externo**, em 23/03/2021, às 12:02, 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 **TANIA MARIA DE CARVALHO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 23/03/2021, às 12:37, 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 [http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3319282** e o código CRC **BEC52F2E**.

Referência: Processo nº 23108.014434/2021-27

SEI nº 3319282

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos os que de alguma forma me ajudaram ao longo desta caminhada, em especial à minha família pelo apoio e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada, pois sem ele nada seria possível.

À minha família pelo apoio incondicional e incentivo em toda a minha trajetória, em especial aos meus pais, Miguel e Maria de Lourdes.

Ao meu orientador, Dr. Frederico Terra de Almeida, por ter aceito acompanhar-me neste projeto, seu empenho foi essencial para a minha motivação à medida que as dificuldades surgiam, com quem compartilhei minhas dúvidas e angústias, sou grata pela sua atenção e dedicação ao longo de todo esse trabalho.

Aos meus co-orientadores, Dra. Tânia Maria de Carvalho e Dr. Adilson Pacheco de Souza, por terem dedicado tempo a colaborar nessa trajetória e pelo conhecimento compartilhado.

Aos professores do curso, que com dedicação ajudaram a construir as bases do conhecimento ao longo dessa jornada.

Aos colegas de laboratório e projeto, em especial a Francielli, Marco Aurélio e Daniela, por todos os momentos vividos, pela parceria e ajuda nessa caminhada.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e apoio constantes.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM) pela oportunidade de realização deste trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa.

*“No início, também não existiam os rios; as águas corriam debaixo da terra, bem fundo. Só se ouvia seu ronco, ao longe, como o de fortes corredeiras. Formavam um enorme rio que os xamãs nomeiam Motu uri u. Certo dia, Omama trabalhava em sua roça com o filho, que começou a chorar de sede. Para matar-lhe a sede, ele perfurou o solo com uma barra de metal. Quando a tirou da terra, a água começou a jorrar violentamente em direção ao céu e jogou para longe o menino que se aproximara para bebê-la. Lançou também para o céu todos os peixes, raias e jacarés. Subiu tão alto que um outro rio se formou nas costas do céu, onde vivem os fantasmas de nossos mortos. Em seguida, a água foi se acumulando na terra e começou a correr em todas as direções, formando os rios, os igarapés e os lagos da floresta.”*

(Davi Kopenawa, A queda do céu: palavras de um xamã yanomami)

## RESUMO

O sul da Amazônia, onde se localiza a bacia hidrográfica do rio Teles Pires, apresenta-se como uma região de grande diversidade natural e pleno desenvolvimento econômico, que vem passando por intensas mudanças no que tange ao uso e ocupação das terras, apontando para a necessidade de acompanhamento de tais alterações, tendo em vista os impactos negativos que podem ser gerados ao ambiente. Visando contribuir com a geração e atualização de informações que ampliem o conhecimento sobre a dinâmica territorial da região e forneçam subsídios para a gestão dos recursos hídricos, esta pesquisa teve por objetivos avaliar as mudanças na ocupação e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos últimos 34 anos e quantificar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) dos corpos hídricos desta bacia de acordo com a legislação vigente, descobrindo se existe conflito em relação ao uso e ocupação dessas áreas para então verificar a ocorrência de degradação. Utilizando imagens dos sensores TM e OLI, satélites Landsat 5 e 8, e técnica de classificação supervisionada por máxima verossimilhança, foram gerados mapas de uso e ocupação da terra para a bacia, correspondentes ao período entre 1986 e 2020, e identificadas as principais conversões de uso da terra ocorridas. Para delimitação das APPs utilizou-se o Índice da Diferença Normalizada da Água Modificado (MNDWI) para delineamento dos corpos hídricos, e estas foram delimitadas de acordo com a Lei 12.651/2012. Para identificar a existência de conflitos quanto ao uso da terra no interior das APPs a delimitação destas foi cruzada com o mapa de uso e ocupação da terra referente ao ano de 2020. Os resultados indicaram que as principais mudanças ocorridas na bacia hidrográfica do rio Teles Pires decorrem da conversão de áreas das classes de cerrado e floresta para agricultura e pastagem, e destas a agricultura registrou maior crescimento percentual e o cerrado maior redução. A intensidade de conversão de áreas registradas em diferentes momentos pode ser relacionada a condições econômicas e políticas vivenciadas pelo país. A APP delimitada para bacia equivaleu a 3,96% de sua área total e apresentou baixo estado de degradação, com a pastagem representando o principal tipo de uso conflitante. A espacialização dos conflitos no interior da bacia evidenciou contrastes entre as diferentes regiões, indicando que as áreas mais críticas em relação a conservação das APPs localizam-se na porção centro-leste da bacia.

**Palavras-chave:** Uso e ocupação da terra; Degradação de APPs; Recursos hídricos; Amazônia Legal.

## ABSTRACT

The south of the Amazon Region, in Brazil, where the Teles Pires river basin is located, presents itself as a region of great natural diversity and full economic development, which has been undergoing intense changes in terms of land use and occupation, pointing out for the need to monitor such changes, in view of the negative impacts that can be generated on the environment. To contribute to the generation and updating of information that broadens the knowledge about the territorial dynamics of the region and provides subsidies for the management of water resources, this research aimed to evaluate the changes in land occupation and use in the hydrographic basin of the Teles Pires River over the past 34 years and to quantify the Permanent Preservation Areas (APPs) of the water bodies in this basin according to the current legislation, finding out if there is a conflict in relation to the use and occupation of these areas to then verify the occurrence of degradation. Using images from the TM and OLI sensors, Landsat 5 and 8 satellites, and a classification technique supervised by maximum likelihood, land use and occupation maps for the basin, corresponding to the period between 1986 and 2020, were generated and the main land conversion conversions were identified. land use that occurred. For the delimitation of APPs, the Modified Normalized Water Difference Index (MNDWI) was used to delineate water bodies, and these were delimited according to Law 12.651 / 2012. In order to identify the existence of conflicts regarding land use within the PPAs, their delimitation was crossed with the land use and occupation map for the year 2020. The results indicated that the main changes that occurred in the hydrographic basin of the Teles Pires River resulted from the conversion of areas of the Brazilian cerrado and forest classes to agriculture and pasture, and from these agricultures recorded greater percentage growth and the Brazilian cerrado the greatest reduction. The intensity of conversion of areas registered at different times can be related to the economic and political conditions experienced by the country. The APP delimited for the basin was equivalent to 3.96% of its total area and presented a low state of degradation, with the pasture representing the main type of conflicting use. The spatialization of conflicts within the basin showed contrasts between the different regions, indicating that the most critical areas in relation to the conservation of APPs are located in the central-eastern portion of the basin.

**Keywords:** Land use and occupation; Degradation of APPs; Water resources; Legal Amazon.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES/FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1. Localização da área de estudo.....	22
Figura 2. Fluxograma das etapas metodológicas.....	23
Figura 3. Mapa com a distribuição dos pontos de controle coletados em campo na bacia hidrográfica do rio Teles Pires, no ano de 2020.....	26
Figura 4. Mapas de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos anos de 1986, 1991, 1996 e 2000.....	28
Figura 5. Mapas de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos anos de 2005, 2011, 2015 e 2020.....	29
Figura 6. Evolução do uso e ocupação da terra nas regiões do alto, médio e baixo Teles Pires em % de áreas ocupadas com base nos dados das classificações.....	31
Figura 7. Conversão de áreas ocorrida entre as classes de floresta (F), pastagem (P), agricultura (A) e cerrado (C) entre os anos mapeados na bacia hidrográfica do rio Teles Pires.....	35
Figura 8. Áreas de pastagem convertidas em agricultura nas diferentes regiões da bacia hidrográfica do rio Teles Pires entre os anos mapeados.....	36

### CAPÍTULO II

Figura 1. Localização da área de estudo.....	46
Figura 2. Mapa de uso e ocupação da terra no interior das APPs dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Teles Pires, em 2020, ressaltando detalhes de alguns trechos.....	53
Figura 3. Classificação dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Teles Pires de acordo com o percentual de degradação da APP.....	56

## LISTA DE TABELAS/QUADROS

### CAPÍTULO I

Quadro 1. Órbitas/ponto e datas das cenas utilizadas para o mapeamento do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires.....	24
Quadro 2. Descrição das classes mapeadas e respectivas chaves de interpretação visual. ....	25
Quadro 3. Concordância da classificação de acordo com o valor do índice Kappa.....	27
Tabela 1. Resultados dos índices de exatidão das classificações de uso e ocupação da terra para cada um dos anos mapeados.....	30

Tabela 2. Áreas correspondes às classes de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires mapeadas entre os anos de 1986 e 2020. ....	31
Tabela 3. Matriz de conversão de áreas, em Km <sup>2</sup> , das classes de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires entre os anos de 1986 e 2020.....	34

## **CAPÍTULO II**

Tabela 1. Órbita/ponto e datas das cenas OLI - Landsat 8 utilizadas no estudo. ....	46
Tabela 2. Larguras estabelecidas para as APPs dos corpos hídricos. ....	49
Tabela 3. Classes de uso e ocupação da terra mapeadas na área de estudo.....	50
Tabela 4. Valores de exatidão do usuário e produtor obtidos para as classes de uso e ocupação da terra mapeadas no interior das APPs. ....	52
Tabela 5. Áreas de uso e ocupação da terra nas APPs da bacia hidrográfica do rio Teles Pires e nas respectivas regiões.....	53
Tabela 6. Áreas de conflito de uso da terra nas diferentes categorias de APPs (diferentes classes de corpos d'água) mapeadas na bacia.....	55
Tabela 7. Municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos quais estão localizadas as APPs mapeadas. ....	57

**SUMÁRIO**

INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO .....	12
REFERÊNCIAS .....	14
CAPÍTULO I - Padrão de alteração no uso e ocupação da terra de uma bacia hidrográfica inserida nos biomas Amazônia e Cerrado .....	19
Resumo .....	20
Abstract.....	20
Introdução .....	21
Material e métodos .....	22
Resultados e discussão.....	27
Conclusões.....	36
Agradecimentos .....	37
Referências .....	37
CAPÍTULO II - Identificação de conflitos de uso da terra em Área de Preservação Permanente em uma sub-bacia amazônica brasileira .....	41
Resumo .....	43
Abstract.....	43
Introdução .....	44
Material e métodos .....	45
Resultados e discussão.....	51
Conclusões.....	58
Agradecimentos .....	59
Referências .....	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	64
ANEXO I - Normas da Revista Brasileira de Geografia Física .....	66
ANEXO II - Normas da Revista RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise .....	71

## INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO

Reconhecida como essencial à vida e ao desenvolvimento econômico (MACHADO, 2003), a água é um recurso natural que vem enfrentando uma série de ameaças, como seu uso excessivo, aumento das fontes contaminantes, alterações dos ambientes e mudanças climáticas, que colocam em risco sua disponibilidade e qualidade (MORAES; JORDÃO, 2002; SILVA; HERREROS; BORGES, 2017).

Diante disso, Tundisi (2008) destaca a importância da gestão adequada dos recursos hídricos, devendo ocorrer em nível territorial de bacias hidrográficas, já que estas correspondem a delimitações naturais onde os recursos ambientais interagem constantemente, correspondendo a áreas delimitadas por divisores de água, onde o escoamento superficial converge para um ponto em comum, e apresentam rede de drenagem interligada (PORTO; PORTO, 2008). Essas áreas se mantêm através de um sistema acionado por um estímulo, a precipitação, que se transforma em vazão por meio dos diversos processos hidrológicos que são dependentes das características de cada bacia hidrográfica (MENDES; CIRILO, 2013) como forma, relevo, rede de drenagem, solo e também do tipo de cobertura vegetal existente, influenciando, dentre outros, nos padrões de infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial e subsuperficial (TEODORO *et al.*, 2007).

As bacias hidrográficas podem ter seu comportamento hidrológico muito afetado por ações humanas, pois interferindo no ambiente natural o homem acaba afetando os diversos processos que compõem o ciclo hidrológico (TEODORO *et al.*, 2007), como ao substituir a vegetação natural por outro tipo de cobertura do solo, devido a mudanças no uso da terra, afetando a qualidade ambiental desses ambientes com reflexos na disponibilidade e qualidade hídrica (PONTES; MARQUES; MARQUES, 2012; NETO *et al.*, 2017), o que torna o uso e ocupação da terra um dos fatores mais relevantes a ser considerado no manejo de bacias hidrográficas (MOREIRA *et al.*, 2015), devendo esta variável ser monitorada.

Mas como destacam Kuemmerle *et al.* (2013), ainda faltam informações adequadas que permitam avaliar a intensidade das mudanças que ocorrem quanto ao uso da terra, especialmente em âmbito global, impedindo que sejam avaliados seus impactos, ou até mesmo o potencial de expansão da produção mundial. Esses desafios aos poucos vêm sendo superados, com o uso de tecnologias como o sensoriamento remoto, que vem evoluindo nas últimas décadas, possibilitando a aquisição de informações em grandes áreas e até a obtenção de dados históricos (SOUZA, 2015). O sensoriamento remoto pode ser definido como a arte de se obter informações sobre determinado objeto sem a necessidade de contato físico direto com o mesmo, através do registro de informações de regiões do espectro eletromagnético por instrumentos sensores (MOREIRA, 2007). Esses sensores podem ser inseridos em diversos tipos de plataformas, com destaque para o uso de satélites.

A grande diversidade de satélites disponíveis atualmente, com diferentes características, fornecem inúmeras possibilidades de aplicação em estudos ambientais, como o mapeamento das formas de uso e ocupação das terras, representando uma forma rápida e barata de obtenção de informações sobre a superfície terrestre (BIELENKI JUNIOR; BARBASSA, 2012), dentre os quais destaca-se a série de satélites Landsat, que corresponde ao primeiro satélite não tripulado lançado com o objetivo de observar a Terra e monitorar os seus recursos naturais, tendo sua primeira versão entrado em operação em 1972, na época chamado de ERTS -1 (*Earth Resources Technology Satellite - 1*), possuindo o mais completo registro da superfície terrestre a partir do espaço, e apresentando grande importância aos estudos sobre as alterações globais (NOVO, 2010).

Os dados oriundos do sensoriamento remoto podem ser analisados de forma facilitada através do uso de programas de geoprocessamento ou sistemas de informações geográficas (SIGs), que possibilitam a realização de diversos tipos de operações para extração de informações a partir desses dados, desde processamentos mais simples ao uso de algoritmos mais sofisticados. Para os estudos que visam a extração de informações sobre o uso e ocupação da terra destacam-se os métodos de classificação de imagens (SHALABY; TATEISHI, 2007; COELHO *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2017) e o uso de índices espectrais (SARP; OZCELIK, 2017; SILVA *et al.*, 2020).

A classificação de imagens permite a extração de informações de forma facilitada possibilitando a automatização do processo e eliminando a subjetividade da interpretação humana, e como resultado são obtidos mapas com pixels classificados, onde áreas homogêneas das classes alvos são representadas, posteriormente, por polígonos, sendo chamados de mapas temáticos (MENEZES; ALMEIDA, 2012), destacando-se a classificação do tipo supervisionada, método que se baseia no conhecimento prévio do analista, conferindo-lhe a tarefa de fornecer amostras que identifiquem áreas representativas de cada classe de interesse (NOVO, 2010). Já os índices espectrais são modelos matemáticos que exploram as propriedades espectrais dos materiais, fundamentado no comportamento antagônico da reflectância dos alvos nas diferentes regiões do espectro eletromagnético (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012), realçando contrastes existentes nas cenas (MENESES; ALMEIDA; BAPTISTA, 2019).

Através da geração de informações sobre o uso e ocupação das terras e monitoramento das mudanças busca-se compreender a dinâmica da ocupação territorial das regiões, forma como ocorre a apropriação dos espaços, informações essas que atreladas ao planejamento e gestão territorial propiciam o estabelecimento de diretrizes de ocupação que podem resultar na manutenção dos recursos naturais, garantindo a qualidade de vida à população (MOREIRA *et al.*, 2015).

No Brasil, uma medida ampla de gestão territorial com foco na conservação dos recursos naturais foi a instituição das Áreas de Preservação Permanente (APPs), através da Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Essas áreas são definidas no atual Código Florestal, Lei n. 12.651/2012, como

áreas protegidas, que possuem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, desempenhando papel na proteção do solo e assegurando o bem-estar da população humana (BRASIL, 2012).

As APPs englobam, dentre outros, as faixas marginais dos cursos d'água, entorno de lagos naturais, reservatórios artificiais, nascentes e olhos d'água e áreas com declividade superior a 45° e devem ser mantidas com vegetação nativa. São áreas fundamentais para a manutenção da vegetação natural e produção de água, com destaque para as matas ciliares, que se apresentam associadas à rede de drenagem e representam o elemento de transição dos corpos d'água às mais variadas coberturas do solo, propiciando benefícios na conservação da qualidade da água e manutenção dos habitats aquáticos (SANTOS *et al.*, 2014). No entanto, mesmo diante da importância que apresentam e da existência de legislação que as protejam, as APPs ainda são submetidas a diversas formas de degradação decorrentes da intensificação da ocupação humana sobre o ambiente, como é evidenciado por diversos estudos (OLIVEIRA; REIS, 2017; OLIVEIRA; TEIXEIRA; PASSO, 2018).

A bacia hidrográfica do rio Teles Pires, com uma área territorial de cerca de 141 mil Km<sup>2</sup>, encontra-se inserida nos estados de Mato Grosso (77%) e Pará (23%), fazendo parte da região hidrográfica amazônica, sua maior parte está inserida no estado de Mato Grosso, que se destaca por possuir grande extensão territorial e apresentar diversidade de situações ecológicas, sociais, econômicas e culturais (SOUZA *et al.*, 2013). Além disso a região apresenta atualmente expressivo desenvolvimento econômico ligado as atividades agrícolas, com nítida expansão da ocupação das terras, o que aponta para a necessidade do monitoramento de tais alterações diante dos possíveis impactos negativos que possam ser gerados ao ambiente, visto que o desenvolvimento econômico intensifica as mudanças no uso e ocupação da terra e, juntamente com o incremento populacional, ampliam a demanda por recursos naturais, em especial dos recursos hídricos, que em decorrência do aumento de seu uso e das diferentes formas de emprego, tornam-se ainda mais suscetíveis à degradação ambiental (SILVA; SANTOS; GALDINO, 2016).

Diante disso os objetivos dessa dissertação foram: 1 - avaliar as mudanças na ocupação e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos últimos 34 anos e 2 - quantificar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) dos corpos hídricos da bacia de acordo com a legislação vigente, descobrindo se existe conflito em relação ao uso e ocupação dessas áreas para então verificar a ocorrência de degradação.

## REFERÊNCIAS

BIELENKI JUNIOR, C.; BARBASSA, A. P. **Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas**. São Carlos: EdUFSCar, 2012. 257 p.

BRASIL. Lei N. 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2012, 25 mai. 2012. Disponível em: <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: 10 set. 2019.

COELHO, V. H.; MONTENEGRO, S. M.; ALMEIDA, C. D. N.; DE LIMA, E. R.; NETO, A. R.; DE MOURA, G. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100009>

KUEMMERLE, T.; ERB, K.; MEYFROIDT, P.; MÜLLER, D.; VERBURG, P. H.; ESTEL, S.; HABERL, H.; HOSTERT, P.; JEPSEN, M. R.; KASTNER, T.; LEVERS, C.; LINDNER, M.; PLUTZAR, C.; VERKERK, P. J.; ZANDEN, E. H.; REENBERG, A. Challenges and opportunities in mapping land use intensity globally. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, p. 484-493, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.06.002>

MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 121-136, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2003000300008>

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre: ABRH, 2013. 536 p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Orgs). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB, 2012. 266 p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; BAPTISTA, G. M. M. **Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação**. São Paulo: Oficina de textos, 2019. 334 p.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Water resources deterioration and its impact on human health. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v.36, n.3, p. 370-374, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018>

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2007. 320 p.

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

NETO, J. R. A; ANDRADE, E. M; PALÁCIO, H. A. Q; SALES, M. M, MAIA, A. R. S. Influence of land use/occupation on water quality in the Trussu river valley, Ceará, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 59-69, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170007>

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4ª ed. São Paulo, Blucher, 2010. 388 p.

OLIVEIRA, O. A.; TEIXEIRA, T. M. A.; PASSO, D. P. Mapeamento dos conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente dos rios que contribuem para o barramento do Rio Paranã, Formosa-GO. **Boletim Goiano De Geografia**, Goiânia, v. 38, n. 3, p. 491-515, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v38i3.56348>

OLIVEIRA, V. M. M.; REIS, L. M. M. Conflitos em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Pitimbu-RN: proposta de um indicador institucional de sustentabilidade. **Guaju**, Matinhos, v.3, n.1, p. 91-110, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/guaju.v3i1.50244>

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo – Contagem. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.962>

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176 p.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>

SANTOS, J. B.; PEZZONI FILHO, J. C.; DANTAS, M. J. F.; ZIMBACK, C. R. L.; LESSA, L. G. F. Avaliação da adequação da ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente (APPs). **Irriga**, Botucatu, v.19, n. 2, p.333-344, 2014. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n2p333>

SANTOS, L. A. C.; BATISTA, A. C.; NEVES, C. O. M.; CARVALHO, E. V.; SANTOS, M. M.; GIONGO, M. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 11, n. 2, p. 111-118, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i2.3915>

SARP, G.; OZCELIK, M. Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. **Journal of Taibah University for Science**, v. 11, p. 381–391, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2016.04.005>

SHALABY, A.; TATEISHI, R. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. **Applied Geography**, v. 27, p. 28–41, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2006.09.004>

SILVA, M. B.; HERREROS, M. M. A. G; BORGES, F. B. Gestão integrada dos recursos hídricos como política de gerenciamento das águas no Brasil. **Rev. Adm. UFSM**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 101-115, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/1983465913358>

SILVA, R. F.; SANTOS, V. A.; GALDINO, S. M. G. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 47, p. 966-976, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2016v26n47p966>

SILVA, V. S.; SALAMI, G.; SILVA, M. I. O.; SILVA, E. A.; MONTEIRO JR, J. J.; ALBA, E. Methodological evaluation of vegetation indexes in land use and land cover (LULC) classification. **Geology, Ecology, and Landscapes**, v. 4, n. 2, p. 159–169, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/24749508.2019.1608409>

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 01, n. 01, p. 34-43, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>

SOUZA, S. O. Geotecnologias Aplicadas à Análise Espaço temporal do Uso e da Ocupação da Terra na Planície Costeira de Caravelas (BA). **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia. v. 35, n. 1, p. 71-89, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v35i1.35485>

TEODORO, V. L. I.; FULLER, B. B.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, v. 20, p. 137-156, 2007. DOI: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22 n. 63, p. 7-16. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>

**CAPÍTULO I.**

**PADRÃO DE ALTERAÇÃO NO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DE UMA  
BACIA HIDROGRÁFICA INSERIDA NOS BIOMAS AMAZÔNIA E  
CERRADO**

---

O presente manuscrito seguirá as padronizações adotadas pelo periódico Revista Brasileira de Geografia Física, no qual presente trabalho será submetido (Anexo “I”).

## CAPÍTULO I.

### **Padrão de alteração no uso e ocupação da terra de uma bacia hidrográfica inserida nos biomas Amazônia e Cerrado**

Aline Kraeski<sup>1</sup>, Tânia Maria de Carvalho<sup>2</sup>, Adilson Pacheco de Souza<sup>3</sup>, Frederico Terra de Almeida<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Avenida Alexandre Ferronato, Distrito Industrial, nº1200, CEP: 78550-728, Sinop, Mato Grosso, Brasil. e-mail: alinekraeski@gmail.com. <sup>2</sup>Professora Dr.<sup>a</sup>, Universidade Federal de Mato Grosso, - UFMT, Avenida Alexandre Ferronato, Distrito Industrial, nº1200, CEP: 78550-728, Sinop, Mato Grosso, Brasil. e-mail: taniacarvalho2010@gmail.com. <sup>3</sup>Professor Dr., Universidade Federal de Mato Grosso, - UFMT, Avenida Alexandre Ferronato, Distrito Industrial, nº1200, CEP: 78550-728, Sinop, Mato Grosso, Brasil. e-mail: pachecoufmt@gmail.com. <sup>4</sup>Professor Dr., Universidade Federal de Mato Grosso, - UFMT, Avenida Alexandre Ferronato, Distrito Industrial, nº1200, CEP: 78550-728, Sinop, Mato Grosso, Brasil. e-mail: fredterr@gmail.com.

#### **RESUMO**

Localizada em região de grande diversidade geoambiental, a bacia hidrográfica do rio Teles Pires passa por mudanças na ocupação territorial impulsionadas pelo desenvolvimento econômico, apontando para a necessidade do monitoramento destas. Diante disso, essa pesquisa objetivou avaliar as mudanças no uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos últimos 34 anos. Utilizando classificação supervisionada por Máxima Verossimilhança a partir de imagens dos sensores TM (Landsat 5) e OLI (Landsat 8) foram gerados oito mapas de uso e ocupação da terra entre os anos de 1986 e 2020, e através da quantificação das áreas mapeadas e cruzamento de mapas distintos foi possível caracterizar as mudanças e apontar as principais conversões de área ocorridas durante o período. Os resultados evidenciaram crescimento das classes de ocupação antrópica com destaque para agricultura (643%) e pastagem (250%) em detrimento da redução das áreas naturais de floresta (-31%) e cerrado (-59%), esta última apresentando distribuição restrita ao sul da bacia, região onde foi verificada maior intensidade da alteração no uso e ocupação das terras expandindo-se em direção ao norte da bacia ao longo do período analisado. Quanto a conversão de áreas na bacia, estas podem ser relacionadas a diferentes momentos políticos e econômicos vivenciados pelo país, e destacaram-se as conversões de floresta para pastagem entre 1986 e 2011 e de pastagem para agricultura entre 2011 e 2020. Um ganho de área de 635 km<sup>2</sup> foi registrado pela classe água no período, consequência da implementação de usinas hidrelétricas na região.

**Palavras-Chave:** Dinâmica territorial; Conversão de áreas; Bacia do rio Teles Pires.

#### **Pattern of change in land use and occupation in a hydrographic basin inserted in the Amazon and Cerrado biomes**

#### **ABSTRACT**

The hydrographic basin of the Teles Pires River, located in a region of great geographic-environmental diversity, has undergone changes in territorial occupation driven by economic development, pointing to the need to monitor these. Therefore, this research aimed to evaluate the changes in the use and occupation of land in the hydrographic basin of the Teles Pires River in the last 34 years. Using classification supervised by Maximum Likelihood based on images from the TM (Landsat 5) and OLI (Landsat 8) sensors, eight land use and occupation maps were generated between the years 1986 and 2020, and through the quantification of the mapped areas and crossing of different maps it was possible to characterize the changes and point out the main area conversions that occurred during the period. The results showed an increase in the classes of anthropic occupation, with emphasis on agriculture (643%) and pasture (250%) to the detriment of the reduction of natural areas of forest (-31%) and Brazilian cerrado (-59%), the latter presenting a restricted distribution to the south of the basin, a region where there was a greater intensity of change in land use and occupation, expanding towards the north of the basin over the analysed period. As for the conversion of areas in the basin, these can be related to different political and economic moments experienced by the country, and the highlights were the conversions from forest to pasture between 1986 and 2011 and from pasture to agriculture between 2011 and 2020. An area gain of 635 km<sup>2</sup> was recorded by the water class in the period, as a result of the implementation of hydroelectric plants in the region.

**Keywords:** Territorial dynamics; Conversion of areas; Teles Pires river basin.

## Introdução

É irrefutável o domínio que o homem exerce sobre o espaço geográfico, através de uma relação na qual interage com o meio ambiente modificando e transformando os ambientes de acordo com seus interesses e necessidades. Essa interação acarreta significativas transformações nas paisagens, refletindo na degradação dos recursos naturais através de diferentes formas de exploração e apropriação dos espaços (Verma, 2019). Destacam-se dentre essas alterações as mudanças na cobertura dos solos, que associadas à ausência de práticas conservacionistas podem gerar impactos negativos nos ambientes, como a redução da qualidade dos solos e a oferta hídrica (Aparecido et al., 2016). Esta última é reflexo de modificações no funcionamento do ciclo hidrológico (McMillan et al., 2016; Van Loon et al., 2019), que incidem na disponibilidade das águas, tanto subterrâneas quanto superficiais (Neto et al., 2017; Shi, et al., 2017).

Para atender as crescentes necessidades humanas e resolver os conflitos, avançando para um uso mais eficaz da terra e dos recursos naturais é essencial a adoção de políticas de planejamento que integrem aspectos ambientais, sociais e econômicos (Butler et al., 2016). Monitorar os avanços na ocupação dos solos, em função dos diferentes tipos de uso da terra, vem se tornando uma ferramenta eficaz para subsidiar o planejamento dos espaços. Destacando-se para isso o uso de tecnologias como o sensoriamento remoto, que conta hoje com uma ampla gama de sensores operando em diferentes escalas e disponibilidade de dados históricos, permitindo a aquisição de informações de grandes áreas a baixo custo, com possibilidade da realização de análises em SIGs (Sistemas de Informação Geográfica), tornando-se um valioso aparato para a obtenção de informações sobre a cobertura e uso da terra (Rogan e Chen, 2004; Liping et al., 2018).

Diversos estudos pelo mundo já empregaram o sensoriamento remoto para identificar as formas de apropriação dos espaços e mudanças nas paisagens, como Ge et al. (2019) que analisaram as mudanças no uso da terra em áreas pobres da China entre 2013 a 2018 e Rawat e Kumar (2015) que monitoraram mudanças na cobertura da terra no distrito de Almora, na Índia entre 1990 e 2010. Alguns estudos diferenciam-se por se desenvolverem com foco no mapeamento de alvos específicos, como o realizado por Schultz et al. (2016) que teve como objetivo o mapeamento da cana-de-açúcar e da soja em três municípios da região nordeste do estado de São Paulo, Brasil, utilizando dados dos anos de 2000 e 2001 e estudos

de Kar et al. (2018), que monitoraram a dinâmica espaço-temporal da paisagem urbana da cidade de Nagpur, Índia Central, entre 1991 e 2010.

No Brasil, uma das ações de mapeamento da cobertura e uso do solo de abrangência nacional é o projeto Mapbiomas, voltado a conservação dos diferentes biomas brasileiros, que têm gerado uma série histórica de mapas anuais, fruto de uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa de especialistas (Neves et al., 2020).

O estado de Mato Grosso, onde se localiza a maior parte da bacia hidrográfica do rio Teles Pires, se destaca por apresentar grande diversidade de situações socioeconômicas, culturais e ecológicas, apresentando em seu território a ocorrência dos biomas Pantanal, Amazônia e Cerrado (Souza et al., 2013). Estes dois últimos fazendo-se presentes na bacia do rio Teles Pires. A região se encontra em pleno desenvolvimento econômico, impulsionado pela atividade agropecuária, e na última década tem recebido a instalação de grandes empreendimentos hidrelétricos, acarretando profundas mudanças na paisagem, apontando para a necessidade do monitoramento de tais alterações tendo em vista os impactos que podem ser gerados ao ambiente e seus recursos.

Visando atender a esse fim, alguns estudos já foram desenvolvidos na área da bacia do rio Teles Pires. Zaiatz et al. (2018), analisaram a dinâmica espaço-temporal de uso e ocupação do solo da bacia do alto Teles Pires entre os anos de 1986 e 2014, evidenciando com seus resultados que a cobertura vegetal nativa da região sofreu antropização intensa durante o período, decorrente da expansão agropecuária. Silva et al. (2017) ao analisarem as mudanças ocorridas na bacia do rio Teles Pires entre 2003 e 2013 indicaram uma redução de 10% das áreas naturais na bacia, afirmando a necessidade da adoção de planejamento eficiente para a área, visando a proteção e manutenção dos recursos.

Apresentando grande importância no contexto nacional e internacional, a região carece de acompanhamento contínuo das mudanças na ocupação e uso da terra decorrentes da expansão agrícola e pecuária e da instalação de grandes obras de infraestrutura. Visando contribuir com a geração e atualização de informações que ampliem o conhecimento sobre a dinâmica de ocupação territorial da região e fornecer subsídios para a gestão dos recursos hídricos e planejamento das atividades econômicas, esta pesquisa teve por objetivo avaliar as mudanças no uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos últimos 34 anos.

## Material e Métodos

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do rio Teles Pires, que se localiza

entre as latitudes 7° 16' 47" e 14° 55' 17" sul e longitudes 53° 49' 46" e 58° 7' 58" oeste, e ocupa uma área de 141.524 km<sup>2</sup>, compreendendo territórios dos estados de Mato Grosso e Pará (Figura 1).

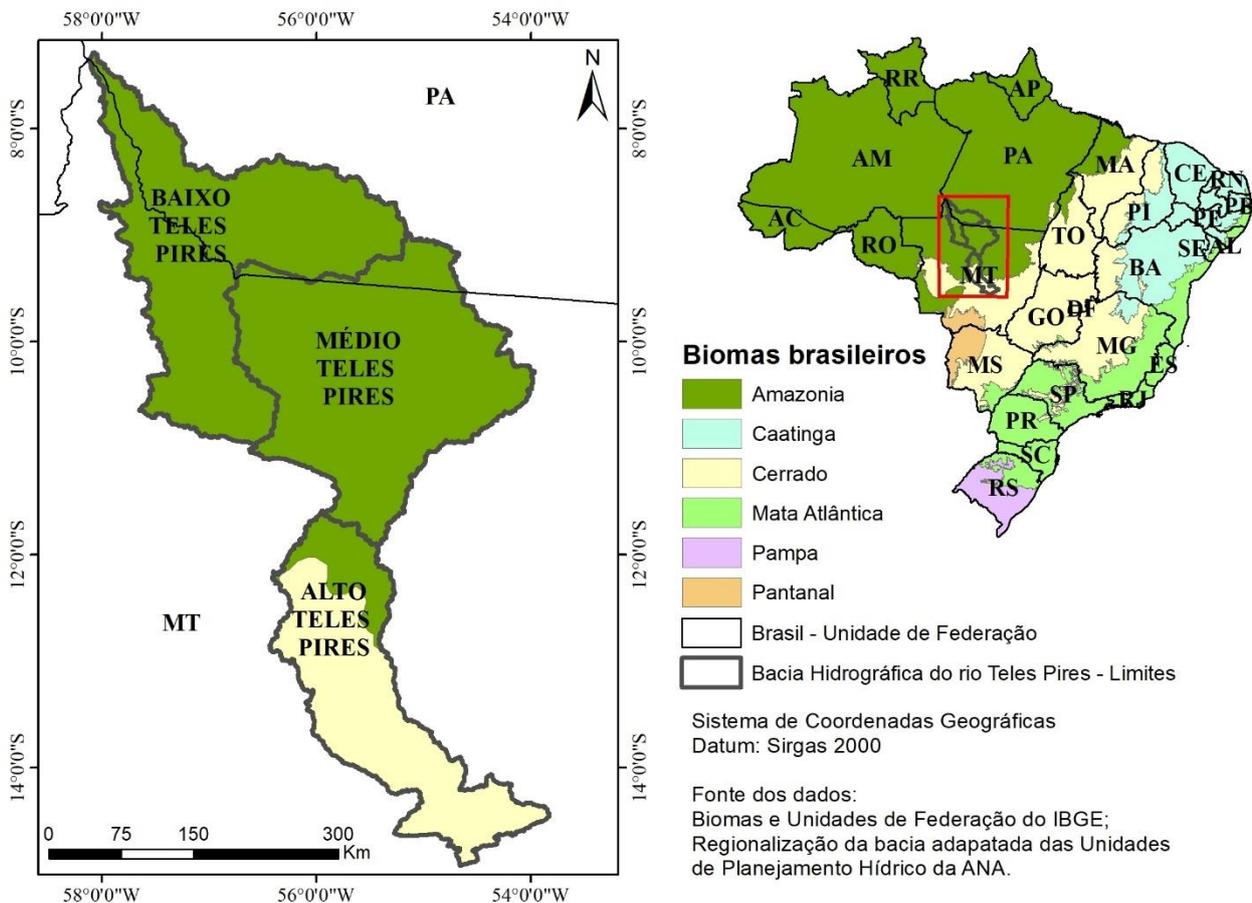


Figura 1. Localização da área de estudo.

Inserida na Região Hidrográfica Amazônica, tem como rio principal o Teles Pires, que juntamente com o Juruena é responsável pela formação do Tapajós, um dos principais afluentes da margem direita do majestoso rio Amazonas.

A ampla extensão latitudinal da bacia do rio Teles Pires faz com que a mesma apresente uma diversidade de ambientes, fazendo-se conveniente a sua regionalização em alto, médio e baixo Teles Pires. As porções do baixo e médio Teles Pires caracterizam-se pela presença do bioma Amazônia, enquanto que a região do alto Teles Pires é marcada pelo bioma Cerrado. O clima predominante na área, segundo a classificação de Köppen, é o Aw, clima tropical com inverno seco e verão chuvoso, clima presente em toda região do alto e grande parte do médio Teles Pires, já o restante da bacia, região próxima à foz, apresenta clima Am, clima tropical úmido com estação seca de pequena duração e valores de precipitação mais elevados (Dubreuil, et al., 2018).

Na Figura 2 é apresentado o fluxograma com os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho, que tiveram como base o uso de dados oriundos de sensoriamento remoto e coletados em campo, e foi subsidiado por estudos bibliográficos.

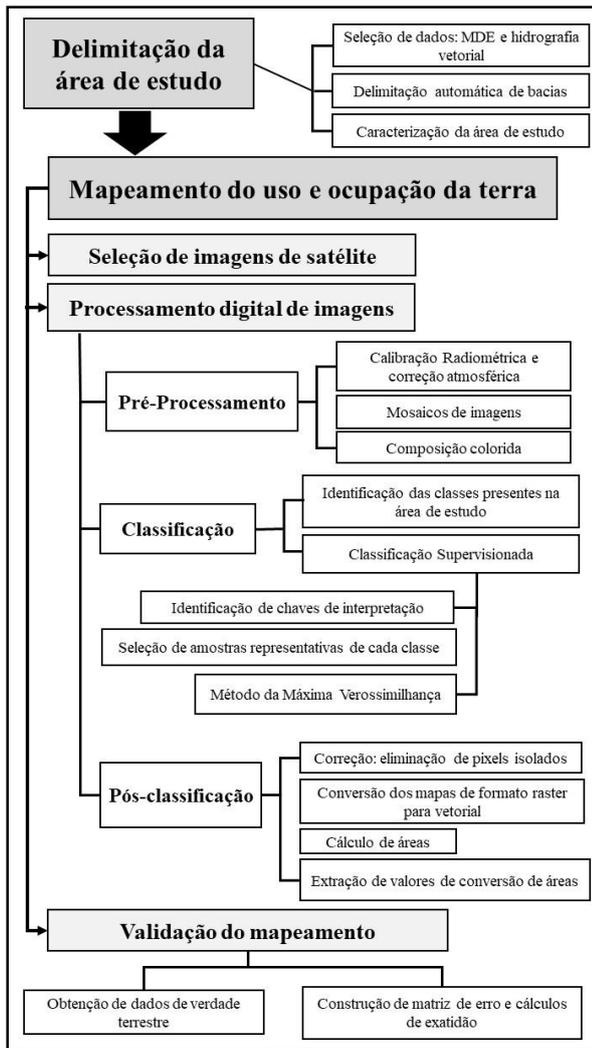


Figura 2. Fluxograma das etapas metodológicas.

### Delimitação da área de estudo

A área de estudo foi delimitada através de técnicas de geoprocessamento aplicadas com a delimitação automática de bacias hidrográficas. Optou-se pela realização dessa etapa após verificar que o limite disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA) através do banco de dados de Ottobacias nível 3 não supria as necessidades deste estudo, no qual foi verificada a existência de inconsistências, com limites interceptando alguns trechos da rede de drenagem.

Para tal utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pela Embrapa mediante a coleção Brasil em Relevo (<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>), que apresenta dados oriundos da *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM*, em formato raster e resolução espacial de 90 metros. E para execução da metodologia adotada foi necessário também dispor de dados referentes a hidrografia da região, para qual foi obtida a rede de drenagem contínua do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (<https://downloads.ibge.gov.br/index.htm>),

escala de 1:250.000, versão 2017, que dispõe de dados com cobertura para toda a área de estudo. Todo o processo de delimitação da bacia foi realizado no ArcMap componente do *Software ArcGIS 10.1* através da extensão *ArcHydro*.

Iniciou-se pelo acondicionamento do MDE utilizando o vetor da rede de drenagem através do método AGREE, um tipo de *Stream Burning*, que realiza a imposição do padrão de drenagem sobre o MDE forçando-o a corresponder ao vetor de drenagem por meio de ajustes nos valores de elevação, o que auxilia nas análises hidrológicas em áreas com baixas diferenças topográficas (Leal et al., 2017). Testes anteriores realizados para a bacia do rio Teles Pires sem esta etapa resultaram em inconsistências na delimitação da área, especialmente na porção próxima a foz da bacia, justificando a necessidade da realização de tal procedimento.

Logo após, foi realizada a correção de depressões, estas em geral são provenientes de falhas e se não corrigidas comprometem a realização das análises hidrológicas. Para isso foi utilizada a ferramenta *Fill Sinks*, que modifica os valores de elevação eliminando esses problemas. A partir daí foram obtidas a direção de fluxo, fluxo acumulado e a rede de drenagem em formato raster.

A direção de fluxo foi obtida pelo método *Eighth Direction Pour Point Model*, o qual assume que a água flui de cada célula para uma das 8 células vizinhas de acordo com o caminho mais íngreme, resultando em um raster numérico correspondente a códigos que indicam a direção do escoamento. Esse foi utilizado como parâmetro de entrada para obtenção do fluxo acumulado, cálculo do número de células a montante que drenam para cada célula do raster de entrada. E em seguida foi gerada a rede de drenagem raster, utilizando o limiar de 250 células de fluxo acumulado para definição da drenagem, valor que se mostrou satisfatório para a área.

Então foi identificado o ponto de exutório da bacia, correspondente a foz do rio Teles Pires, localizado nas coordenadas 7° 20' 58" de latitude Sul e 58° 7' 57" de longitude Oeste, e a bacia foi delimitada a partir deste e dos parâmetros de direção de fluxo e rede de drenagem raster, resultando em um arquivo vetorial correspondente ao limite da bacia que foi então utilizado para recorte dos demais dados.

### Mapeamento do uso e ocupação da terra

O mapeamento do uso e ocupação da terra utilizou imagens orbitais dos sensores *Thematic Mapper - TM* e *Operational Land Imager - OLI*,

Landsat 5 e 8 respectivamente, disponibilizadas gratuitamente. As cenas foram adquiridas como produtos de Nível 1 junto a plataforma *Earth Explorer* do *United States Geological Survey* – USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Essas cenas são consideradas de alta qualidade para análises temporais e ambas apresentam resolução espacial de 30 metros, já a resolução radiométrica se diferencia, sendo de 8 bits para o sensor TM e 16 bits para o sensor OLI.

Buscando caracterizar as mudanças no uso e ocupação da terra de forma gradativa optou-se pela realização de mapeamentos com um intervalo

médio de cinco anos entre as classificações, levando em conta para a escolha dos anos a disponibilidade e qualidade das cenas, priorizando cenas sem a presença de nuvens aparentes. Resultando na utilização de imagens dos anos de 1986, 1991, 1996, 2000, 2005, 2011, 2015 e 2020, ambas pertencentes ao período de estiagem na região (Quadro 1).

Durante as etapas de processamento foram utilizados o ArcMap, componente do *software* ArcGis versão 10.1 e ENVI (*Environmental Systems Research Institute*).

Quadro 1. Órbitas/ponto e datas das cenas utilizadas para o mapeamento do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires.

Órbita/ ponto	Ano							
	1986	1991	1996	2000	2005	2011	2015	2020
225/70	29/jun	29/jul	11/ago	21/jul	17/jun	20/jul	16/ago	10/jun
226/66	08/set	18/jun	01/jul	28/jul	10/jul	12/ago	07/ago	03/jul
226/67	08/set	20/jul	01/jul	10/jun	10/jul	12/ago	07/ago	03/jul
226/68	07/ago	20/jul	01/jul	10/jun	26/jul	12/ago	07/ago	03/jul
226/69	07/ago	20/jul	30/mai	10/jun	26/jul	13/set	07/ago	03/jul
226/70	07/ago	20/jul	01/jul	10/jun	26/jul	11/jul	07/ago	03/jul
227/66	27/jun	27/jul	06/jun	17/jun	17/jul	18/jul	14/ago	10/jul
227/67	27/jun	27/jul	06/jun	17/jun	17/jul	03/ago	14/ago	10/jul
227/68	27/jun	27/jul	06/jun	01/jun	17/jul	03/ago	14/ago	10/jul
227/69	27/jun	27/jul	06/jun	01/jun	17/jul	03/ago	14/ago	10/jul
228/65	05/ago	18/jul	15/jul	10/jul	08/jul	25/jul	05/ago	17/jul
228/66	05/ago	18/jul	15/jul	26/jul	08/jul	25/jul	05/ago	17/jul
228/67	05/ago	18/jul	31/jul	26/jul	08/jul	25/jul	05/ago	15/jun
229/65	28/ago	26/ago	23/ago	17/jul	15/jul	01/ago	12/ago	22/jun
Sensor	TM	TM	TM	TM	TM	TM	OLI	OLI

Todas as cenas foram submetidas aos processos de calibração radiométrica e correção atmosférica no *software* ENVI para obtenção de dados de reflectância de superfície. A calibração radiométrica foi realizada utilizando o módulo *Radiometric Calibration*, a partir dos arquivos de metadados adquiridos junto as imagens, possibilitando a conversão dos dados de cada banda de Número Digital (ND) para valor de reflectância do topo da atmosfera. Em seguida foi realizada a correção atmosférica utilizando o módulo FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) que tem como base o modelo de transferência radiativa MODTRAN (*Moderate Resolution Atmospheric Transmission*), ajustando os parâmetros do modelo às especificações de cada sensor e cena, e aplicando o modelo atmosférico tropical, resultando na

transformação dos valores de refletância do topo da atmosfera para refletância de superfície.

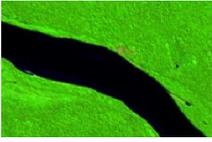
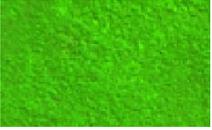
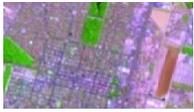
Daí em diante os processamentos foram realizados no ArcMap versão 10.0 utilizando as bandas espectrais do vermelho, Infravermelho próximo e Infravermelho médio, correspondente as bandas 3 (0,63 - 0,69  $\mu\text{m}$ ) 4 (0,76 - 0,90  $\mu\text{m}$ ) e 5 (1,55 - 1,75  $\mu\text{m}$ ) do sensor TM e 4 (0,64-0,67  $\mu\text{m}$ ), 5 (0,85-0,88  $\mu\text{m}$ ) e 6 (1,57-1,65  $\mu\text{m}$ ) do sensor OLI.

Foram compostos mosaicos para cada um dos anos e realizada a composição colorida RGB falsa cor, 5, 4 e 3 para cenas TM e 6, 5 e 4 para as cenas OLI. Essa combinação de bandas facilita a interpretação das imagens favorecendo a identificação de áreas vegetadas, que se apresentam em tonalidades de verde diferenciando-se das demais áreas (Santos et al., 2017).

Foi então empregada a classificação do tipo supervisionada, e a partir da identificação das classes de uso e ocupação da terra presentes na área foram selecionadas amostras representativas de cada classe através da vetorização de polígonos, consistindo na fase de treinamento do classificador. Para identificação das classes e seleção das

amostras foram utilizadas técnicas de interpretação e análise visual de imagens, baseada em elementos como cor, textura, forma e padrão, criando chaves de interpretação para as feições presentes na área semelhante ao que fizeram Furtado et al. (2020), como é mostrado no Quadro 2.

Quadro 2. Descrição das classes mapeadas e respectivas chaves de interpretação visual.

Classe	Descrição	Chave de interpretação	Composição RGB-654 – Imagens sensor OLI
Água	Superfícies cobertas por água correspondendo aos corpos hídricos presentes na bacia, que inclui rios, lagos e represas.	Cores entre preto e azul, textura lisa e formas lineares ou irregular.	
Floresta	Vegetação florestal arbórea apresentando alta densidade de árvores.	Cor verde escura e textura rugosa.	
Cerrado	Vegetação com predominância de estrato arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso, apresentando variações com áreas de formação florestal de baixa densidade.	Cor verde musgo e textura lisa.	
Pastagem	Superfícies compostas por forragens perenes naturais ou plantadas, destinadas ao pastoreio do gado.	Variação de cor entre rosa/marrom/verde e formas irregulares.	
Agricultura	Áreas destinadas ao cultivo de gêneros agrícolas alimentícios, fibras e <i>commodities</i> do agronegócio, com predominância de cultivos temporários.	Cor uniforme, formas regulares com presença de bordas retilíneas. (Devido à data das cenas grande parte das áreas que compõem essa classe encontram-se com solo descoberto por coincidir com o período pós colheita.)	
Queimada	Superfícies que sofreram processos de queima recentes restando indícios das áreas atingidas (cicatrizes).	Cor preta e textura lisa. Forma variada.	
Outros	Composta pela junção de classes de ocupação pouco abrangentes espacialmente na área da bacia, incluindo áreas urbanas, áreas de mineração, bancos de areia e formações rochosas.	<p>Área urbana: textura rugosa, cores entre magenta, cinza e roxo, localizada geralmente próxima a rodovias.</p> <p>Mineração: localizada próxima a margem de rios, coloração branca com presença de manchas azul.</p> <p>Banco de areia: cor branca localizada nas margens ou interior de grandes corpos hídricos.</p> <p>Afloramento rochoso: Cor rosa claro, localizada em áreas íngremes.</p>	   

Visando obter melhores resultados diante da variabilidade de respostas espectrais

identificada para as classes água, agricultura, pastagem, cerrado e outros, convencionou-se a

divisão destas em subclasses durante as etapas de treinamento e classificação. Essa variabilidade decorre de diferentes estágios de desenvolvimento apresentado por culturas agrícolas, presença de sedimentos em suspensão em cursos d'água, variação de tipos de pastagem (pasto sujo e pasto limpo), heterogeneidade apresentada pela vegetação de Cerrado e diferença nas datas de aquisição das imagens.

Os conjuntos amostrais por classes/subclasses possuíram valor superior a 1000 pixels, porém o tamanho das amostras não seguiu um padrão igualitário para todas as classes e anos classificados, assim como a quantidade de subclasses variou entre os anos mapeados de acordo com as especificidades de cada ano e cenas.

O algoritmo adotado para a classificação foi o da Máxima Verossimilhança, que dentre os classificadores convencionais tem mostrado eficiência na classificação de imagens de média resolução (Shalaby e Tateishi, 2007; Rawat e Kumar, 2015). A partir das informações determinadas durante a fase de treinamento e com base na função densidade de probabilidade multivariada de classes, o algoritmo calcula a probabilidade de os pixels da cena pertencerem a cada uma das classes e os atribui à classe de maior probabilidade (Ali et al., 2018).

Após a classificação as subclasses definidas pelo processo automático foram analisadas e agrupadas resultando nas classes: água, floresta, cerrado, pastagem, agricultura, queimada e outros. Estas são descritas no Quadro 2.

Os mapas resultantes foram submetidos a um pós-processamento com a aplicação da ferramenta *Majority Filter*, que elimina pixels isolados no mapa, substituindo seus valores com base nos vizinhos próximos. Foi utilizado o parâmetro padrão de quatro células, onde o núcleo do filtro são os quatro vizinhos diretos (ortogonais) da célula atual. Essa ferramenta favorece a correção de classes de grandes dimensões, mas em contrapartida classes fragmentadas podem sofrer alteração indevidas.

Os arquivos resultantes das classificações foram convertidos para formato vetorial e foram calculadas as áreas. E no intuito de verificar a existência de diferenças regionais a bacia foi dividida tendo por base as Unidades de Planejamento Hídrico estabelecidas pela Agência Nacional das Águas (ANA) que divide a bacia em alto, médio e baixo Teles Pires (<https://dadosabertos.ana.gov.br/>), e estas foram adaptadas para os limites da bacia gerados neste estudo, e os resultados foram analisados individualmente para cada uma das regiões.

Para detectar as conversões de uso e ocupação da terra ocorridas ao longo do período, empregou-se um método de comparação baseado nos polígonos de área obtidos em pares de classificação distintas, através da intersecção dessas feições e de tabulação cruzada, possibilitando determinar aspectos quantitativos e qualitativos das mudanças ocorridas entre o período de 1986 e 2020. Esse processo resultou na construção de uma matriz de conversão de áreas assim como fizeram Ge et al. (2019). E a partir da matriz de conversão foi possível identificar as classes que passaram por modificações mais expressivas, e para estas foi realizado cruzamento de informações considerando todos os intervalos de anos mapeados.

### Validação do Mapeamento

Para estimar a precisão das classificações, estas foram submetidas a validação através da aquisição de informações de verdade terrestre.

Durante expedições a campo realizadas em meados do ano de 2020 foram coletados 1.477 pontos distribuídos pela área da bacia (Figura 3), especificamente 42 de água, 350 de floresta, 77 de cerrado, 621 de pastagem, 323 de agricultura e 64 de outros. As cenas de 2020 utilizadas na classificação possuíam datas variando entre 10 de junho e 17 de julho, e as visitas a campo ocorreram entre 26 de julho e 28 de setembro do mesmo ano.



Figura 3. Mapa com a distribuição dos pontos de controle coletados em campo na bacia hidrográfica do rio Teles Pires, no ano de 2020.

Buscando avaliar a precisão do mapeamento de todos os anos classificados e obter melhor distribuição das amostras por toda a área, bem como conjuntos amostrais mais significativos, amostras também foram selecionadas através de identificação visual usando imagens históricas de alta resolução da plataforma *Google Earth Pro*, correspondentes a datas próximas aos anos classificados, e em imagens Landsat. Para os anos de 1986, 1991 e 1996, devido à ausência de imagens de alta resolução, a amostragem se deu exclusivamente com o uso das cenas Landsat.

Para garantir a total independência na validação não foram utilizadas amostras coincidentes com as áreas utilizadas na etapa de treinamento do classificador.

Cada ponto coletado foi associado a classe de uso e ocupação da terra presente no local e sua coordenada geográfica, e em seguida foi realizado o cruzamento dessas informações com as das classificações correspondentes possibilitando a construção de matrizes de erro. E a partir destas foram calculados os índices de exatidão geral, exatidão do produtor e do usuário e índice Kappa.

A exatidão geral foi obtida dividindo-se o número de amostras classificadas corretamente pelo valor total de amostras utilizadas. As exatidões do produtor e do usuário foram calculadas de forma semelhante, no entanto são calculadas individualmente por classe. Sendo a exatidão do produtor referente aos dados de verdade terrestre, indicando a probabilidade de um pixel de referência estar corretamente classificado, e a exatidão do usuário referente aos dados da classificação, indicando a probabilidade de um pixel classificado no mapa representar essa categoria no terreno (Congalton, 1991).

O índice Kappa avalia a concordância entre a verdade terrestre e o mapa oriundo da classificação, apresentando como vantagem o uso de todos os elementos da matriz de erro e foi calculado com base na Equação 1 (Cohen, 1960).

$$K = \frac{(Po - Pe)}{(1 - Pe)} \quad (1)$$

Onde  $Po$  corresponde a proporção de concordância observada e  $Pe$  corresponde a proporção de concordância esperada por acaso.

A qualidade do mapeamento a partir dos resultados Kappa foi avaliada de acordo com os

limites propostos por Landis e Koch (1977) expressos no Quadro 3.

Quadro 3. Concordância da classificação de acordo com o valor do índice Kappa.

Kappa	Concordância
< 0	Sem concordância
0,00 – 0,19	Pobre
0,20 - 0,39	Fraca
0,40 – 0,59	Moderada
0,60 – 0,79	Forte
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

## Resultados e discussão

A bacia do rio Teles Pires apresentou a partir da delimitação realizada, uma área territorial correspondente a 141.524 km<sup>2</sup>, diferindo em 45 km<sup>2</sup> do limite disponibilizado pela ANA, para o qual a bacia apresenta área de 141.479 Km<sup>2</sup>. Ainda segundo dados do Relatório final da Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Teles Pires a área territorial da mesma corresponderia a 142.660 Km<sup>2</sup> (EPE, 2009).

Quanto à divisão regional da bacia baseada nas Unidades de Planejamento Hídrico definidas pela ANA, o alto Teles Pires, região próxima a nascente, apresentou área de 34.453 Km<sup>2</sup>, o médio Teles Pires, porção central da bacia, abarcou uma área de 55.890 Km<sup>2</sup> e o baixo Teles Pires, região da foz, apresentou área de 51.181 Km<sup>2</sup>, e estas correspondem a 24,34%, 39,49% e 36,16% da área da bacia, respectivamente.

Nas Figuras 4 e 5 são ilustrados os resultados obtidos através da classificação do uso e ocupação da terra com base nas imagens de satélite multitemporais com a distribuição das classes nos oito distintos anos mapeados para a bacia, entre 1986 e 2020, onde foram distinguidas sete classes de uso e ocupação da terra, sendo elas: água, floresta, cerrado, pastagem, agricultura, queimada e outros. Esta última resultante da junção de classes de pouca abrangência territorial na bacia, englobando áreas urbanas, áreas de mineração, bancos de areia e afloramentos rochosos. Através da análise dos mapas é perceptível que as classes de floresta e cerrado sofreram gradual redução durante os anos mapeados, ao passo que as classes de pastagem e agricultura aumentaram substancialmente.

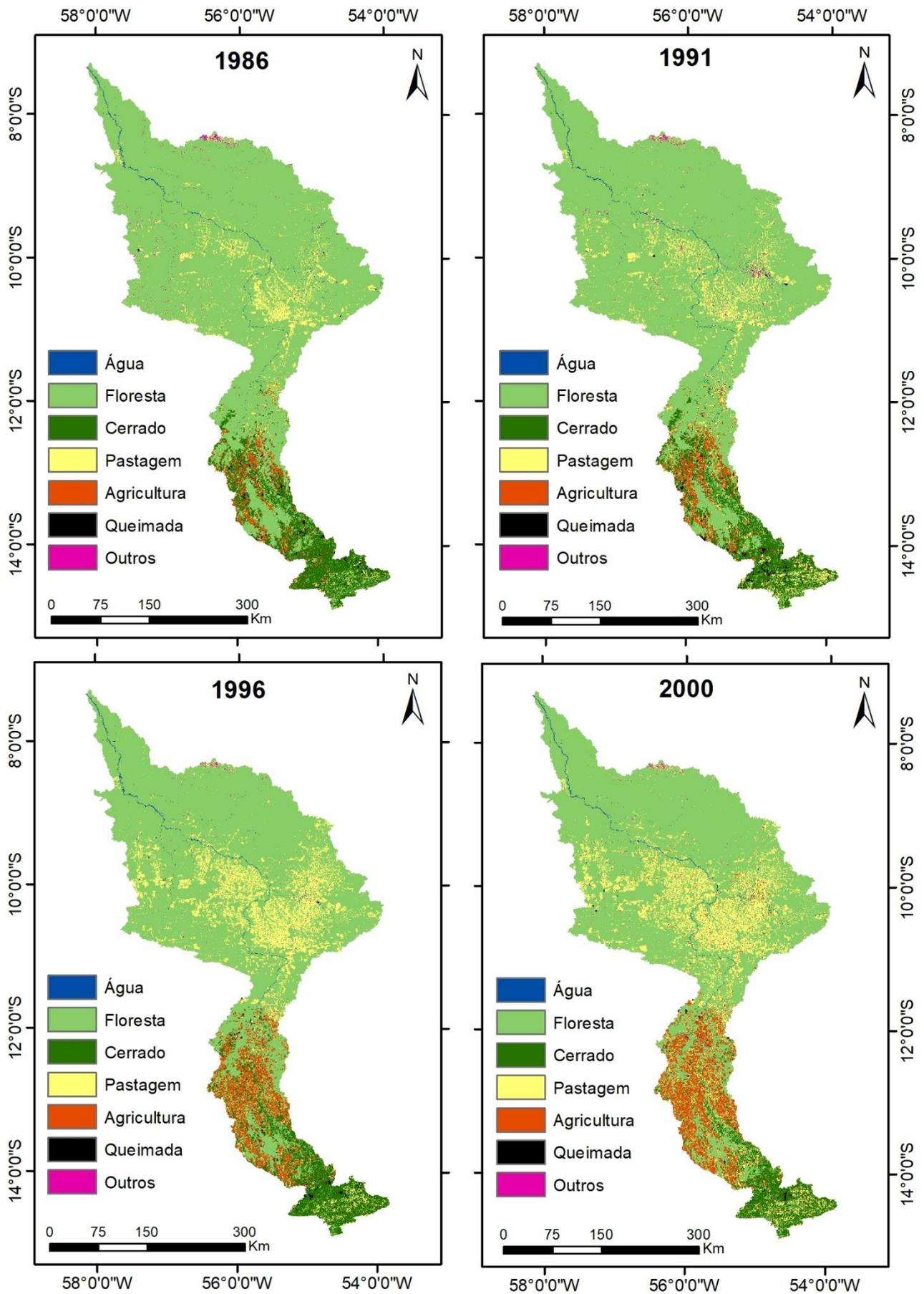


Figura 4. Mapas de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos anos de 1986, 1991, 1996 e 2000.

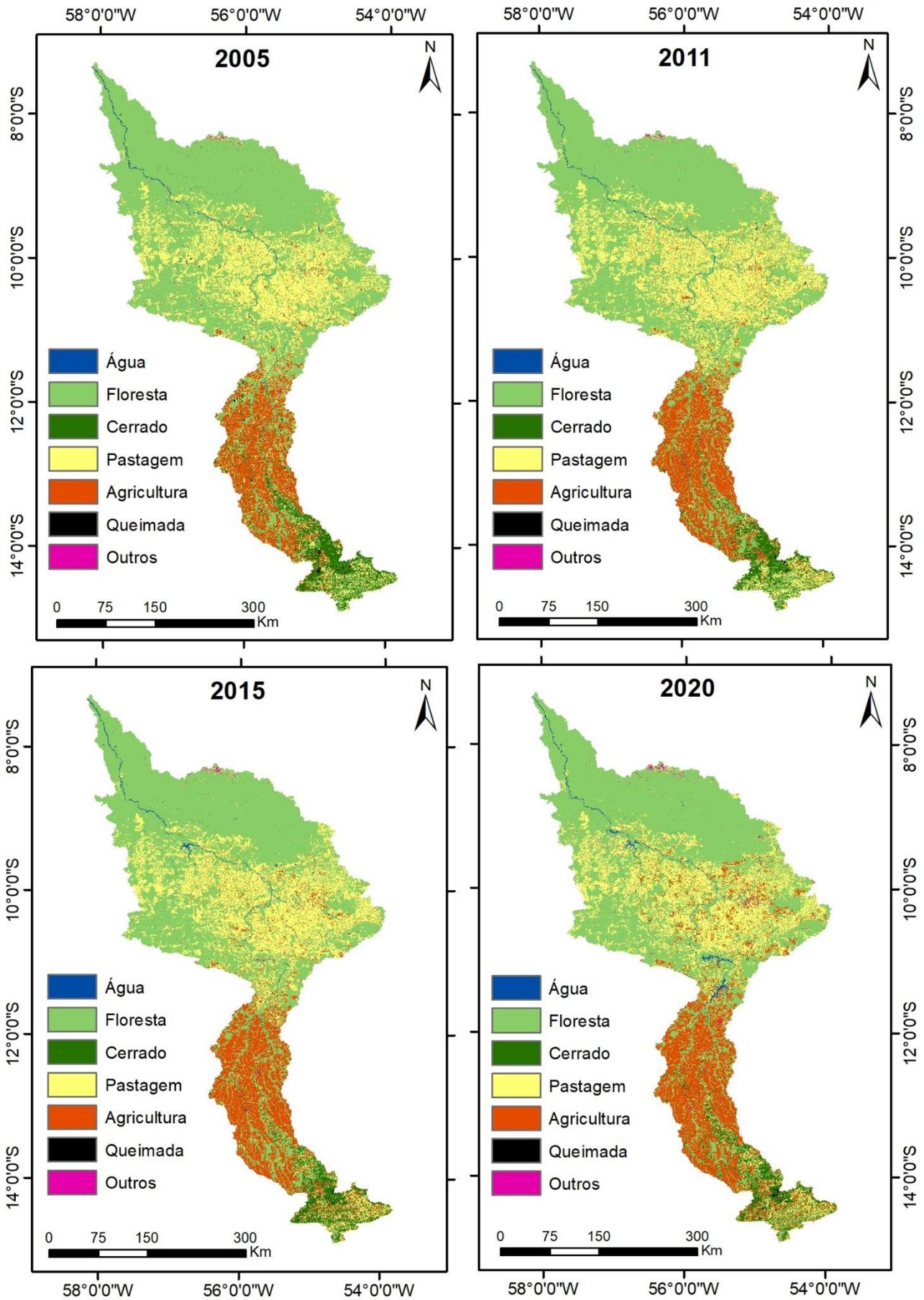


Figura 5. Mapas de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos anos de 2005, 2011, 2015 e 2020.

Com relação a exatidão obtida nas classificações é apresentado na Tabela 1 o resultado dos índices calculados a partir das

matrizes de erro, correspondendo a Exatidão Geral, Exatidão do produtor e do usuário e o índice Kappa para cada um dos anos mapeados.

Tabela 1. Resultados dos índices de exatidão das classificações de uso e ocupação da terra para cada um dos anos mapeados.

	1986	1991	1996	2000	2005	2011	2015	2020
<b>Total de amostras</b>	30.271	33.705	33.035	36.804	34.438	36.732	33.480	36.866
<b>Amostras com concordância</b>	29.797	33.022	32.617	36.078	33.832	36.179	32.824	36.297
<b>Índice Kappa</b>	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
<b>Exatidão Geral (%)</b>	98,43	97,97	98,73	98,03	98,24	98,49	98,04	98,46
<b>Exatidão do produtor (%)</b>								
Água	100	100	100	100	100	100	100	100
Floresta	100	100	100	100	100	99,99	100	99,98
Cerrado	93,27	94,46	93,44	91,06	89,93	92,56	91,97	95,96
Pastagem	98,58	98,65	99,21	97,55	98,29	98,71	97,90	97,67
Agricultura	99,46	93,09	98,45	99,16	97,79	98,53	97,06	97,30
Queimada	100	100	100	99,93	100	100	99,57	100
Outros	75,66	79,45	86,67	71,70	79,14	74,60	74,72	83,50
<b>Exatidão do usuário (%)</b>								
Água	100	100	100	100	100	100	100	100
Floresta	98,75	98,88	98,77	98,18	98,54	98,81	98,77	99,18
Cerrado	100	100	100	100	100	100	100	99,95
Pastagem	96,23	92,73	97,84	98,65	97,64	98,78	95,45	97,72
Agricultura	89,94	92,62	92,39	93,23	95,14	93,22	94,76	92,51
Queimada	100	100	100	100	100	100	100	100
Outros	100	100	100	100	100	100	100	100

A Exatidão Geral das classificações variou entre 97,97 e 98,73%. Já os valores obtidos para o índice Kappa ficaram entre 0,96 e 0,97, que de acordo com a avaliação proposta por Landis e Koch (1977) são classificados como excelentes.

A exatidão do produtor foi superior para as classes água, floresta e queimada, indicando que estas apresentam maior probabilidade de estarem corretamente classificadas, já a exatidão do usuário foi superior para as classes água, cerrado, queimada e outros, indicando que estas possuem maior probabilidade das áreas classificadas realmente representarem essa categoria em campo.

Confusões foram registradas entre as classes floresta e cerrado, com a omissão de muitas áreas de cerrado erroneamente sendo classificadas como floresta. Problemas no mapeamento de áreas de cerrado decorrem das diferentes fisionomias vegetais e da dinâmica natural apresentada por essa categoria, o que reflete em grande variação de resposta espectral, tornando o correto mapeamento dessas áreas um grande desafio (Batista et al., 2019). E na bacia do rio Teles Pires a presença de áreas de transição entre cerrado e floresta acarretou

na dificuldade do estabelecimento de limites entre ambas as classes.

A classe outros também apresentou elevados erros de omissão gerados pela confusão desta com áreas de agricultura e pastagem. Essa classe é composta por áreas territoriais espacialmente limitadas abrangendo subclasses de resposta espectral heterogênea como as áreas urbanas e área de mineração. Visto que o classificador de Máxima Verossimilhança assume que os dados de treinamento são representativos e normalmente distribuídos, enquanto classes de resposta altamente heterogênea geralmente não apresentam esse tipo de distribuição de dados, o que impacta na baixa eficácia da classificação dessas feições, sendo essa uma das principais limitações apontadas pelo método de classificação adotado (Phiri e Morgenroth, 2017).

Confusões também foram identificadas entre as classes de agricultura e pastagem. Situação semelhante é relatada por Silva et al. (2017) ao mapear uma área também localizada no estado de Mato Grosso em região de transição Amazônia-Cerrado, apontando como principal causa para

esses erros a condição apresentada pelas áreas de pastagem durante a estação seca, em que o solo fica mais exposto confundindo-se com áreas agrícolas onde tenha ocorrido limpeza das áreas de cultivo, apresentando condições espectrais semelhantes, o que possivelmente também tenha ocorrido neste estudo.

Na Tabela 2 são apresentados os valores correspondentes as áreas de uso e ocupação da terra quantificadas a partir dos mapas gerados através das classificações, bem como seus valores percentuais e percentual de variação apresentado entre 1986 e 2020.

Tabela 2. Áreas correspondentes às classes de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires mapeadas entre os anos de 1986 e 2020.

Classe		1986	1991	1996	2000	2005	2011	2015	2020	Varição % 1986 - 2020
Água	Km <sup>2</sup>	686,6	762,6	747,1	718,8	724,7	737,2	924,8	1.159,1	68,82
	%	0,49	0,54	0,53	0,51	0,51	0,52	0,65	0,82	
Floresta	Km <sup>2</sup>	114.444,0	111.470,4	100.091,7	96.777,9	83.218,4	80.710,7	79.330,5	78.979,0	-30,99
	%	80,87	78,77	70,73	68,39	58,81	57,03	56,06	55,81	
Cerrado	Km <sup>2</sup>	13.069,5	11.923,2	11.416,0	8.381,7	7.927,5	5.805,7	5.196,4	5.356,1	-59,02
	%	9,24	8,43	8,07	5,92	5,60	4,10	3,67	3,78	
Pastagem	Km <sup>2</sup>	8.839,7	11.658,0	20.248,2	23.533,1	32.385,7	34.423,2	34.643,2	30.988,6	250,56
	%	6,25	8,24	14,31	16,63	22,89	24,33	24,48	21,90	
Agricultura	Km <sup>2</sup>	3.244,0	4.098,7	8.150,7	11.194,6	16.177,6	19.201,6	20.787,8	24.105,9	643,09
	%	2,29	2,90	5,76	7,91	11,43	13,57	14,69	17,03	
Queimada	Km <sup>2</sup>	708,4	902,0	509,9	406,2	412,3	145,6	125,9	163,8	-
	%	0,50	0,64	0,36	0,29	0,29	0,10	0,09	0,12	
Outros	Km <sup>2</sup>	522,8	699,4	350,0	502,5	667,2	489,4	505,1	757,9	44,98
	%	0,37	0,49	0,25	0,36	0,47	0,35	0,36	0,54	

Os resultados indicaram elevado crescimento percentual para as classes de agricultura e pastagem entre 1986 e 2020, com aumento também sendo registrado por água e outros. O crescimento expresso por essas classes impactou em significativas reduções das classes floresta e cerrado, que representam áreas de

vegetação nativa presentes na bacia. E através da regionalização do uso e ocupação da terra no interior da área verificou-se a existência de diferenças quanto a distribuição e proporção de áreas ocupadas nos diferentes compartimentos da bacia como pode ser verificado no gráfico da Figura 6.

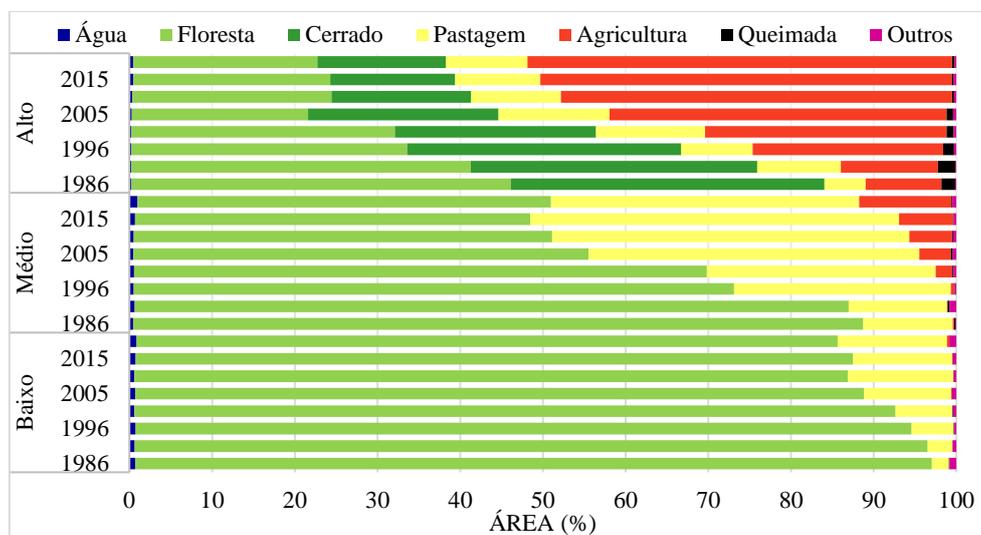


Figura 6. Evolução do uso e ocupação da terra nas regiões do alto, médio e baixo Teles Pires em % de áreas ocupadas com base nos dados das classificações.

A ocupação dos estados pertencentes a Amazônia Legal foi historicamente marcada por políticas de incentivo a ocupação das terras (Oliveira, 2015), mediante um modelo de colonização que acarretou em uma ocupação desordenada da região, contribuindo para grandes índices de desflorestamento (Silva et al., 2018).

Os resultados obtidos neste estudo apontam uma expressiva redução da vegetação nativa na bacia do rio Teles Pires nas últimas décadas. Esta que se encontra inserida nos estados de Mato Grosso e Pará apresentava em 1986 cerca de 90% de sua área coberta por vegetação natural, que foi reduzida para cerca de 60% em 2020, abrangendo as classes aqui identificadas como floresta e cerrado.

A floresta corresponde a classe predominante na bacia e sua área apresentou variação entre 114,4 a 78,9 mil Km<sup>2</sup>. O mapeamento realizado pelo Mapbiomas, referente a coleção 4, indicou para mesma área valores entre 116,1 e 79,2 mil Km<sup>2</sup>, referente aos anos de 1986 e 2015, respectivamente, considerando as classes Formação florestal e Floresta plantada, e valores bem próximos aos deste estudo são apontados para os anos de 1991, 1996, 2011 e 2015.

Mais de 80% de toda a área de floresta mapeada na bacia localizou-se nas regiões do baixo e médio Teles Pires, regiões que em 1986 apresentavam áreas de floresta correspondentes a 49,2 e 49,3 mil km<sup>2</sup> respectivamente. Sendo registrado no baixo Teles Pires o menor declínio da classe, apresentando ainda em 2020 cerca de 43,3 mil Km<sup>2</sup> de floresta, o que representa 85% da área da região. Essa porção da bacia, baixo Teles Pires, destaca-se por abranger quantitativo significativo de áreas protegidas correspondentes a parcela do Parque Nacional do Juruena e das terras indígenas Munduruku e Kayabi. Tal fato confirma o importante papel que as áreas protegidas têm desempenhado ao conter ou reduzir o desmatamento na Amazônia Legal (Santos et al., 2018; Santos et al., 2019).

No alto Teles Pires a área de floresta divide espaço com áreas de cerrado, que também correspondem a formação vegetal natural da região. No alto Teles Pires as áreas de floresta mapeadas apresentaram variação entre 15,7 e 7,7 mil Km<sup>2</sup> entre 1986 e 2020, correspondendo entre 46 e 22% da área total da região. Zaiatz et al. (2018) ao mapearem essa região encontraram para floresta uma variação de área entre 15 e 9 mil km<sup>2</sup> entre os anos de 1986 e 2014.

De distribuição restrita à região do alto Teles Pires, a classe cerrado registrou grande redução durante o período, representando a classe

de maior redução percentual neste estudo, passando de 13 para 5,3 mil Km<sup>2</sup> de área ocupada.

Agrupando as classes de floresta e cerrado, vegetação natural do alto Teles Pires, encontramos uma variação de área de 28,8 a 13 mil Km<sup>2</sup> durante o período analisado, correspondendo a 84 e 38% da área da região, sendo esta a porção da bacia a apresentar a menor proporção de área com vegetação natural em 2020. O status de área fortemente alterada devido a elevados percentuais de desmatamento também foi descrito nessa região por Zeilhofer et al. (2018).

Percebe-se então que a bacia do rio Teles Pires apresentou perdas da vegetação nativa mais expressivas ao sul, no alto Teles Pires, porém estas evoluem gradativamente em sentido norte, para o médio e baixo Teles Pires. Yoshikawa e Sanga-Ngoie (2011) já relatam a ocorrência desse fenômeno na região, quando descreveram que as alterações provenientes do desmatamento expandem-se de sul para norte no estado de Mato Grosso, ocasionando a destruição das áreas de vegetação primária devido a expansão da produção agrícola pelas áreas centrais do estado e grandes rebanhos de gado espalhando-se pela região norte. Corroborando com isso este estudo registrou elevado crescimento percentual das classes pastagem e agricultura.

A agricultura foi a classe que registrou a maior variação percentual durante o período, representada por um crescimento de 643%. A classe em 1986 ocupava 2% da área da bacia e saltou para cerca de 16% em 2020, passando de 3,2 para 24,1 mil Km<sup>2</sup> de área. Considerando os resultados do Mapbiomas correspondentes a Agricultura, Agricultura anual e perene e Cultura semi-perene como similares a classe Agricultura neste estudo, os percentuais registrados para a área variaram de 3 a 14% entre 1986 e 2015.

Da área mapeada como agricultura, a maior parte concentra-se na região do alto Teles Pires, porção da bacia que ainda em 2020 detém mais de 70% de toda a área correspondente à classe, onde a mesma já abrange aproximadamente a metade da região. Zaiatz et al. (2018) também encontraram elevado percentual de área ocupada por agricultura no alto Teles Pires registrando 47,8% de ocupação da classe na região em 2014. No médio Teles Pires a classe vem apresentando crescimento, já abrangendo em 2020 cerca de 10% da região, e no baixo Teles Pires a ocupação por agricultura ainda é incipiente, representando menos 1% de ocupação da área.

Apesar de possuir crescimento percentual inferior ao apresentado pela agricultura, a pastagem ainda é a forma de ocupação antrópica predominante na bacia do rio Teles Pires. Em 1986

a classe já ocupava área superior a 8 mil Km<sup>2</sup>, correspondendo a 6% da área da bacia, passando a ocupar 31 mil Km<sup>2</sup> em 2020, representando 22% da área. A classe pastagem chegou a registrar entre 2005 e 2015 percentuais de ocupação superiores, atingindo o pico de ocupação em 2015, quando abrangeu 34,6 mil Km<sup>2</sup> da área da bacia, correspondendo a 24% da região. Corroborando com esses resultados, os percentuais de pastagem registrados pelo Mapbiomas para a bacia do rio Teles Pires variaram entre 6 e 24% de ocupação entre os anos de 1986 e 2015.

Dentre as regiões da bacia é no médio Teles Pires que se concentra a maior parte das pastagens mapeadas neste estudo. A região registrou em 2020 mais de 20 mil Km<sup>2</sup> de pastagem, representando cerca de 37% da área da região, e em 2011 a classe chegou a ocupar 43%. Em estudo desenvolvido no município de Paranaíta, de área correspondente a 6.445,05 km<sup>2</sup>, totalmente inserido no interior da bacia do rio Teles Pires entre as porções do médio e baixo, Silva et al. (2018) indicaram o desenvolvimento da atividade pecuária como principal responsável pelo desflorestamento da área, com 32,73% do município ocupado por pastagem em 2016. Esse resultado é semelhante ao padrão encontrado na região do médio Teles Pires neste estudo.

A classe água também registrou elevado crescimento durante o período, com um aumento de 68,82% da área ocupada, em que esta passou de 0,5 para 0,8% de ocupação da bacia, sendo o aumento mais expressivo da classe registrado entre 2011 e 2020, quando foi registrado crescimento de 57%, sendo que entre 1986 e 2011 esse crescimento havia sido de apenas 7%. Valores de área bem próximo foram registrados para a classe pelo Mapbiomas apresentando entre 0,5% e 0,6% de ocupação da área entre 1986 e 2015.

Esse atual crescimento das superfícies ocupadas por água na região está ligado a construção de quatro grandes barragens para a instalação de usinas hidrelétricas (UHEs) no curso do rio Teles Pires nos últimos anos, correspondendo aos lagos da UHE Teles Pires, construído entre 2011 e 2015, e das UHE São Manoel, Colíder e Sinop, construídos entre 2015 e 2020. Sendo o maior crescimento da classe registrado na região do médio Teles Pires, onde estão inseridos três destes reservatórios.

Composta pela junção de áreas de ocupação territorial minoritárias na bacia, a classe outros também apresentou crescimento durante o período, e dentre os principais usos da terra que compõem esta classe estão as áreas urbanas, sendo encontrado no interior da bacia 23 sedes municipais. Muitas dessas cidades vivenciaram

expressivo crescimento nas últimas décadas, o que contribuiu para o aumento da área ocupada pela classe, a exemplo do município de Sinop – MT, localizado entre as regiões do médio e alto Teles Pires, que nas últimas décadas vivenciou expressivo crescimento do padrão extensão, através da incorporação de terras próximas a cidade com a conversão dessas áreas em loteamentos e condomínios (Gonçalves et al., 2019). Richards et al. (2015) destacam que as cidades localizadas em meio a áreas agrícolas no Estado de Mato Grosso têm se expandido rapidamente, favorecidas pela migração interna de pessoas vindas de outras partes do Brasil.

Outro considerável uso da terra componente desta classe é a mineração, e neste estudo foram identificadas áreas de mineração localizadas nas margens de grandes rios afluentes do Teles Pires especialmente localizadas na porção média da bacia. Corroborando com tal fato, Lobo et al. (2018) registraram a ocorrência de mineração de pequena escala para extração de ouro nas margens do rio Peixoto de Azevedo, afluente da margem direita do médio curso do rio Teles Pires. Ainda segundo os autores as características da atividade na região refletem em diferentes padrões de ocupação do solo, como solo estéril, fossas de terra e corpos d'água, resultando em variabilidade de resposta espectral dificultando a correta classificação dessas áreas, podendo estas serem confundidas com outros usos da terra como agricultura ou pastagens, o que pode explicar as flutuações nos valores de área apresentadas pela classe outros neste mapeamento, bem como os elevados erros de omissão ocorridos durante a classificação.

Quanto a classe de queimada, esta não apresentou resultados passíveis de comparação neste estudo, visto que sofre influência da época de aquisição das imagens. Para mapeamento dessas áreas deve-se considerar a distribuição temporal dos incêndios, utilizando imagens cujas datas de aquisição correspondam ao final da temporada de queimadas, que na região corresponde a estação seca, com 80 a 90% das queimadas sendo registradas entre os meses de junho e outubro (Shimabukuro et al., 2015).

Para detectar as conversões de área ocorridas entre as classes foi empregado um método de comparação de mapas distintos, tendo por base os mapas de uso e ocupação da terra de 1986 e 2020. E a partir da tabulação cruzada de dados correspondentes às áreas das classes mapeadas nestes dois anos foi gerada uma matriz de conversão de áreas permitindo identificar as perdas sofridas por cada uma das classes, bem como as classes de alocação destas áreas, e esta é

apresentada na Tabela 3. Na matriz os valores expressos nas células diagonais indicam o quantitativo de área que se manteve sob a mesma classe de uso e ocupação da terra entre 1986 e 2020, já os outros valores indicam as alterações de área

ocorridas, onde as linhas permitem identificar as perdas de área e a classe de alocação destas, e as colunas possibilitam identificar os ganhos de área ocorrido por cada classe durante o período e a origem destes.

Tabela 3. Matriz de conversão de áreas, em Km<sup>2</sup>, das classes de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires entre os anos de 1986 e 2020.

		2020								
CLASSE		Água	Floresta	Cerrado	Pastagem	Agricultura	Queimada	Outros	Total	Perdas
1986	Água	<b>523,50</b>	145,76	4,04	4,29	2,00	0,82	6,11	<b>686,52</b>	163,03
	Floresta	537,86	<b>76.550,19</b>	925,63	23.232,59	12.694,87	61,91	421,31	<b>114.424,40</b>	37.874,17
	Cerrado	26,89	1.012,66	<b>4.011,00</b>	2.081,09	5.822,54	87,63	20,17	<b>13.061,98</b>	9.050,97
	Pastagem	40,20	1.132,88	195,12	<b>5.055,31</b>	2.296,68	8,63	108,04	<b>8.836,86</b>	3.781,55
	Agricultura	4,57	21,85	131,03	245,18	<b>2.812,59</b>	2,99	24,41	<b>3.242,62</b>	430,04
	Queimada	10,49	33,88	85,85	167,17	404,29	<b>1,55</b>	4,93	<b>708,16</b>	706,61
	Outros	15,56	74,18	1,10	199,58	59,03	0,30	<b>172,71</b>	<b>522,46</b>	349,76
	<b>Total</b>	<b>1.159,07</b>	<b>78.971,40</b>	<b>5.353,77</b>	<b>30.985,21</b>	<b>24.092,00</b>	<b>163,83</b>	<b>757,68</b>		
<b>Ganhos</b>		635,57	2.421,21	1.342,77	25.929,90	21.279,41	162,28	584,98		

A matriz de conversão torna evidente que as maiores perdas de área de cerrado e floresta foram resultado da conversão destas para agricultura e pastagem, estas que a tempos já vem sendo apontadas como principais motores do desmatamento na região, tanto por conversão direta das áreas quanto por conversão indireta através do deslocamento das formas de uso da terra (Gollnow e Lakes, 2014; Gusso et al., 2017).

Na bacia do rio Teles Pires a floresta registrou o maior quantitativo de perda de área entre 1986 e 2020, 37,9 mil Km<sup>2</sup>, e destes, 23,2 mil transformaram-se em pastagem e 12,7 mil em agricultura. Já o cerrado registrou a maior proporção de perdas em relação a área pré-existente em 1986, com 69% destas sendo convertidas para outros tipos de uso. Ao todo foram 9 mil Km<sup>2</sup> de área de cerrado perdidas, dos quais 5,8 foram convertidos para agricultura e 2,1 para pastagem. Cabe ressaltar que elevadas taxas de destruição de áreas do bioma Cerrado têm sido relatadas há tempos (Klink e Machado, 2005; Gibbs et al., 2015), apontado este como o bioma mais ameaçado no Brasil, registrando taxas de desmatamento superiores às da Amazônia (Hunke et al., 2015; Picolli et al., 2020), em decorrência de políticas mais escassas de proteção dessas áreas.

Perdas de floresta também foram registradas devido a conversão de áreas para a classe água, o que representou 85% dos 635,57

Km<sup>2</sup> de ganho apresentados pela classe água durante o período, decorrentes principalmente da instalação de empreendimentos hidrelétricos na região. A instalação destes resulta no aumento das superfícies de água e geralmente contribuem na redução de vegetação nativa (Diniz et al., 2009). Silva et al. (2018) também relatam a ocorrência de supressão da vegetação nativa na bacia do rio Teles Pires durante a implantação da UHE Teles Pires entre os municípios de Paranaíta-MT e Jacareacanga-PA, associando a instalação do empreendimento a impactos negativos como o desmatamento e fragmentação das áreas.

Perdas significativas de área ocupada por pastagem também foram registradas entre 1986 e 2020, e estas decorreram da conversão das áreas para agricultura, fenômeno que já vem tendo sua ocorrência relatada no estado de Mato Grosso por Hunke et al. (2015) e Cohn et al. (2016).

Sendo assim as principais relações de conversão de área ocorridas na bacia foram de floresta para agricultura (F/A), floresta para pastagem (F/P), cerrado para agricultura (C/A), cerrado para pastagem (C/P) e pastagem para agricultura (P/A), e para estas foram analisadas informações com base em todos os intervalos de anos mapeados: 1986 a 1991, 1991 a 1996, 1996 a 2000, 2000 a 2005, 2005 a 2011, 2011 a 2015 e 2015 a 2020. O resultado destes é apresentado no gráfico da Figura 7.

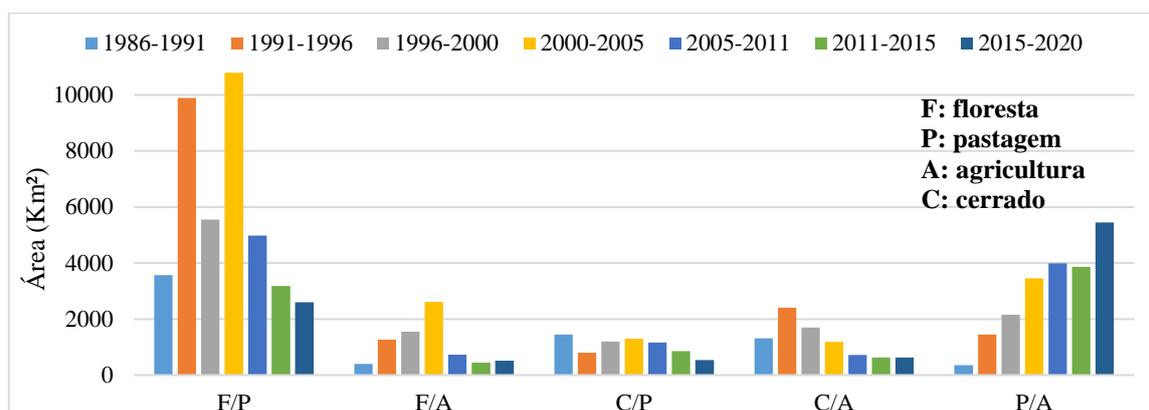


Figura 7. Conversão de áreas ocorrida entre as classes de floresta (F), pastagem (P), agricultura (A) e cerrado (C) entre os anos mapeados na bacia hidrográfica do rio Teles Pires.

A floresta apresentou na maioria dos tempos analisados a conversão de áreas para pastagem, sendo as maiores conversões ocorridas entre 2000 e 2005, quando mais de 10 mil Km<sup>2</sup> de área foram convertidas. Período que também foi responsável por maior conversão de floresta em agricultura, com mais de 2 mil Km<sup>2</sup> de área convertida. Estes resultados coincidem com os picos de desmatamento registrados no estado de Mato Grosso entre 2003 e 2004 (Spera et al., 2014; Picoli et al., 2020).

Já a substituição de áreas de cerrado por pastagem e agricultura apresentaram variação entre os períodos. Entre os anos de 1986 e 1991 e de 2000 a 2015 a conversão de cerrado foi maior para pastagem do que para agricultura. Já a conversão de cerrado para agricultura foi superior entre os anos de 1991 e 2000 com o pico de conversão sendo registrado entre 1991 e 1996. No período entre 2015 e 2020 a conversão de cerrado foi menor do que nos períodos anteriores com pouca diferença sendo registrada entre conversão para pastagem e agricultura.

Na Amazônia Legal brasileira os índices de desmatamento têm acompanhado o cenário político e econômico e os resultados encontrados neste estudo também refletem esse padrão. A exemplo da alta conversão de área de floresta aqui registradas entre 1991 e 1996 que podem ser associadas a elevadas taxas de desmatamento registradas na Amazônia após a implantação do Plano Real ocorrida em 1994 (Fearnside, 2005), e o pico de conversão registrado entre 2000 e 2005 que pode ser relacionado a aumento nos preços das *commodities* agrícolas, em especial a valorização da soja, que posteriormente apresentou queda de preço refletindo na redução do desmatamento a partir de 2005 (Ferreira e Coelho, 2015).

Nesse contexto destacam-se também políticas focadas na redução do desmatamento, como alterações no Código Florestal em relação a percentuais fixados de Reserva Legal, parcela da

propriedade que deve ser mantida sob vegetação natural (Pacheco et al., 2017), e estes passaram por alteração em 1996 quando a Reserva Legal para a Amazônia passou de 50% da área da propriedade para 80%, medida tomada para conter os elevados índices de desmatamento que vinham sendo registrados desde o início da década, resultando em reduções no desmatamento nos anos seguintes (Ferreira e Coelho, 2015). Na última década a Amazônia Legal passou a apresentar índices de desmatamento cada vez mais baixos, resultado de políticas de combate ao desmatamento aplicadas nos últimos anos (Gusso et al., 2017).

Na bacia do rio Teles Pires foram registrados valores elevados de conversão de floresta para agricultura entre 1991 e 2005, com pico registrado nos últimos cinco anos desse período, corroborando com esses resultados Gibbs et al. (2015) descrevem que entre 2001 e 2006, os plantios de soja se expandiram na Amazônia em um milhão de hectares (Mha), e taxas recordes de desmatamento foram registradas com a ocorrência de conversão direta de florestas para a produção agrícola. Já a posterior redução registrada por essa relação de conversão é justificada pela Moratória da Soja, acordo firmado com o objetivo de reduzir o desmatamento decorrente da expansão da soja na Amazônia brasileira, lançado em 2006, que envolveu organizações da sociedade civil e empresas ligadas à *commodity* soja que se comprometeram a não comprar soja cultivada em terras desmatadas após julho de 2006 (Rudorff et al., 2011; Spera et al., 2014), o que desencadeou a expansão da produção da soja para áreas de pastagens oriundas de áreas desmatadas anteriormente (Picoli et al., 2020).

Os resultados indicaram que na bacia do rio Teles Pires a conversão de pastagens para agricultura vem apresentando crescimento especialmente a partir de 1991, com maiores valores de área convertida sendo registrados entre 2005 e 2020, abrangendo período pós Moratória da

soja. Para Spera et al. (2014), apesar de períodos de crescimento agrícola coincidirem com altas taxas de desmatamento é mais comum que a produção se expanda através da conversão de pastagens e estas migrem para novas áreas através do desmatamento. Desta forma a expansão agrícola, mesmo para áreas de ocupação já consolidadas, tem indiretamente causado mais desmatamentos (Gibbs et al. 2015), e

na bacia do rio Teles Pires não tem sido diferente, as pastagens continuam a se expandir mediante a ocupação de áreas naturais de floresta e cerrado.

Considerando as diferentes regiões da bacia do rio Teles Pires é apresentado no gráfico da Figura 8 os valores de conversão de pastagens para agricultura entre os anos mapeados.

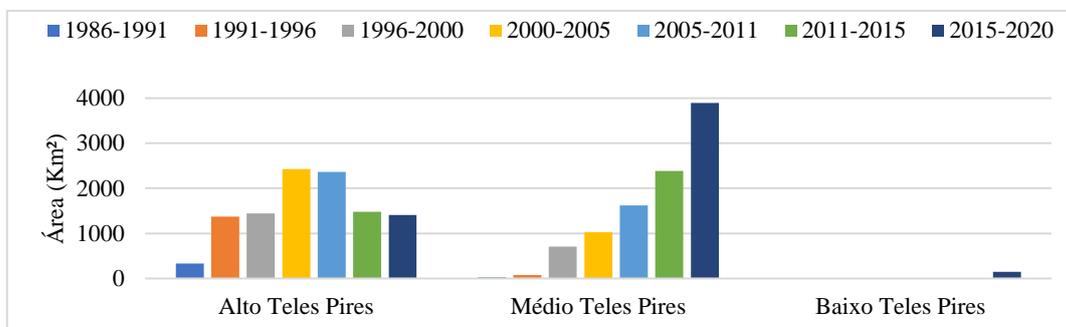


Figura 8. Áreas de pastagem convertidas em agricultura nas diferentes regiões da bacia hidrográfica do rio Teles Pires entre os anos mapeados.

Na região do alto Teles Pires essa modalidade de conversão foi crescente registrando pico de conversão entre 2000 e 2005, quando 2,4 mil km<sup>2</sup> de pastagens foram convertidas para agricultura, valor que correspondia a cerca de 53% das áreas de pastagem existentes na região em 2000, e posteriormente os valores foram sendo reduzidos, registrando no último período analisado uma conversão de 1,4 mil Km<sup>2</sup>, equivalente a 39% das pastagens pré-existentes na região. Zaiatz et al. (2018) ao analisar as mudanças do uso e ocupação do solo entre 1986 e 2014 na mesma região, relatou um padrão de ocorrência da substituição da áreas naturais primeiro por pastagens e depois por lavouras, o que corrobora com a ocorrência de altos valores de conversão de áreas de pastagem para agricultura encontrados neste estudo e levanta a hipótese de que os valores de conversão reais podem ser até superiores, visto que o intervalo entre os anos analisados neste estudo pode não ter sido suficiente para retratar a dinâmica de tais alterações. Cabe ressaltar que nessa região a agricultura já representa a forma de ocupação dominante, abrangendo em 2020 cerca de metade da área total da região, enquanto as áreas de pastagem apresentam percentual de ocupação reduzido, correspondendo a cerca de 10% da região.

No médio Teles Pires verificou-se que a conversão das áreas de pastagem para agricultura está em ascensão, sendo registrado entre 2015 e 2020 uma conversão de 3,9 mil Km<sup>2</sup>, o que corresponde a 16% das pastagens pré-existentes no período, e no baixo Teles Pires a ocorrência desse tipo de conversão apresenta-se como um fenômeno

recente, iniciada entre 2015 e 2020, com uma conversão de 145 km<sup>2</sup>, o que equivale a 2,4% das pastagens pré-existentes na área. Baseado nos elevados percentuais de conversão de pastagem em agricultura verificados no alto Teles Pires a tendência é que esse tipo de conversão continue a ocorrer expandindo-se no sentido norte da bacia, para as regiões do médio e baixo Teles Pires onde há grande quantitativo de áreas de pastagens disponíveis e aptas a conversão.

A grande ocorrência de conversões de áreas de vegetação natural para pastagem e agricultura, acarretando em drásticas alterações na cobertura e proteção dos solos na região, indicam a possibilidade de incidência de impactos ambientais negativos na área de estudo, como degradação dos solos devido a mudanças nas suas propriedades físicas (Hunke, et al., 2015; Zilverberg et al., 2018; Dionizio e Costa, 2019), assim como alterações na disponibilidade e qualidade hídrica (Scanlon et al., 2007; Santos et al., 2018). Diante disso, torna-se evidente a necessidade de se avaliar a ocorrência de tais impactos na bacia hidrográfica do rio Teles Pires, visando a organização do espaço produtivo e otimização do uso dos recursos naturais, aliando o desenvolvimento econômico da região a boas práticas de manejo e conservação de bacias hidrográficas.

## Conclusões

1. A agricultura foi a classe que apresentou o maior crescimento percentual no período, e mesmo diante das atuais políticas de contenção do desmatamento a classe continua em ascensão através da

incorporação de áreas antrópicas já consolidadas, com a conversão de áreas de pastagem para agricultura, o que tem levado ao deslocamento destas para novas áreas, mantendo a continuidade do desmatamento de áreas na bacia, mesmo que a níveis mais reduzidos em comparação a períodos anteriores. Esta pesquisa identificou altos valores de conversão direta de áreas naturais de floresta e cerrado para agricultura até o ano de 2005, a partir do qual essa modalidade de conversão foi sendo reduzida, sobressaindo-se o crescimento das áreas de agricultura pela conversão de pastagens. Nos últimos anos a região do médio Teles Pires têm se destacado por registrar valores elevados dessa modalidade de conversão.

2. As alterações ocorridas na bacia do rio Teles Pires ao longo dessas últimas décadas podem ser relacionadas à expansão de áreas para agricultura e pastagem, já a forma e intensidade das conversões de área dentre os anos analisados acompanhou as tendências regionais, denotando forte influência do cenário econômico e político vivenciado pelo país em diferentes momentos.

3. Os diferentes compartimentos da bacia apresentam distintos estágios de ocupação da terra, sendo o sul, região do alto Teles Pires, a apresentar maior grau de alteração antrópica e estas expandem-se em sentido norte ao longo do tempo sendo o extremo norte da bacia, região do baixo Teles Pires, a que apresenta maior percentual de conservação de áreas naturais, também favorecida pela presença de áreas protegidas. O alto Teles Pires apresenta uso atual caracterizado principalmente por agricultura consolidada e no médio Teles Pires o uso atual é caracterizado principalmente por pastagem consolidada, já no baixo Teles Pires o uso atual é caracterizado principalmente por mata nativa.

4. O uso de dados oriundos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento se mostrou satisfatório na identificação e caracterização das mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos últimos 34 anos.

5. A construção de infraestrutura para a implementação de empreendimentos hidrelétricos no curso do rio Teles Pires na última década tem impactado no desflorestamento de áreas naturais da bacia, em substituição por espelho d'água.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) e Agência Nacional das

Águas (ANA) pelo financiamento da pesquisa e concessão de bolsa (Bolsa - Processo: 88887.144957/2017-00CAPES-ANA-DPB).

## Referências

- Ali, M. Z.; Qazi, W.; Aslam, N., 2018. A comparative study of ALOS-2 PALSAR and landsat-8 imagery for landcover classification using maximum likelihood classifier., 2018. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, [online] 21. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.03.003>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Aparecido, C. F. R.; Vanzela, L. S.; Vazquez, G. H.; Lima, R. C., 2016. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. Irriga [online] 21. Disponível em <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n2p239-256>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Batista, F. R. Q.; Nogueira, S. H.; Ferreira, L. G., 2019. Mapeamento de Fitofisionomias de Cerrado por Sensoriamento Remoto: desafios e possibilidades. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 19., 2019, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2019. Artigos, 403-406. Internet. ISBN: 978-85 17-00097-3. Disponível em:<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP6W34M/3TUPA2H>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Butler, D.; Ward, S.; Sweetapple, C.; Astaraie-Imani, M.; Diao, K.; Farmani, R.; Fu, G., 2016. Reliable, resilient and sustainable water management: the Safe & SuRe approach. Global Challenges [online]. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/gch2.1010>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Cohen, J. A., 1960. Coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement, [online] 20. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Cohn, A. S.; Gil, J.; Berger, T.; Pellegrina, H.; Toledo, C., 2016. Patterns and processes of pasture to crop conversion in Brazil: evidence from Mato Grosso State. Land Use Policy [online] 55. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.005>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Congalton, R.G., 1991. A review of assessing the accuracy classifications of remotely sensed data. Remote Sensing Environment [online] 37. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B). Acesso: 20 jan. 2021.
- Diniz, M. B.; Oliveira Junior, J. N.; Neto, N. T.; Diniz, M. J. T., 2009. Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de

- desmatamento nos municípios da Amazônia legal brasileira. *Nova Economia* [online] 19. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-63512009000100006>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Dionizio, E. A.; Costa, M. H., 2019. Influence of Land Use and Land Cover on Hydraulic and Physical Soil Properties at the Cerrado Agricultural Frontier. *Agriculture* [online] 9. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture9010024>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Dubreuil, V.; Pechutti, F. K.; Planchon, O.; Sant'anna Neto, J. L., 2018. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Confins* [online] 37. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.15738>. Acesso: 30 mar. 2021.
- Empresa de Pesquisa e Energia (EPE), 2009. Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires. Relatório Final. 2009. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/avaliacao-ambiental-integrada-aa>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Fearnside, P. M., 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. *Conservation Biology* [online] 19. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x>. Acesso: 30 mar. 2021.
- Ferreira, M. D. P.; Coelho, A. B., 2015. Desmatamento Recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. *Revista de Economia e Sociologia Rural* [online] 53. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005301005>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Furtado, L. G.; Morales, G. P.; Silva, D. F.; Pontes, A. N., 2020. Transformações do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena, Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 13. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso: 30 mar. 2021.
- Ge, Y.; Hu, S.; Ren, Z.; Jia, Y.; Wang, J.; Liu, M.; Zhang, D.; Zhao, W.; Luo, Y.; Fu, Y.; Bai, H.; Chen, Y., 2019. Mapping annual land use changes in China's poverty-stricken areas from 2013 to 2018. *Remote Sensing of Environment* [online] 232. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111285>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Gibbs, H. K.; Rausch, L.; Munger, J.; Schelly, I.; Morton, D. C.; Noojipady, P.; Soares Filho, B.; Barreto, P.; Micol, L.; Walker, N. F., 2015. Brazil's Soy Moratorium. *Science* [online] 347. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/347/6220/377>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Gollnow, F.; Lakes, T., 2014. Policy change, land use, and agriculture: The case of soy production and cattle ranching in Brazil, 2001 - 2012. *Applied Geography* [online] 55. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.09.003>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Gonçalves, G. C.; Amaral, S.; Escada, M. I. S., 2019. Caracterização da expansão urbana e seus padrões em duas cidades amazônicas. *In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto (SBSR)*, 19., 2019, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2019. Artigos, p. 2216-2219. [online] ISBN 978-85-17-00097-3. Disponível em: <http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP6W34M/3UB2M6P>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Gusso, A.; Ducati, J. R.; Bortolotto, V. C., 2017. Analysis of soybean cropland expansion in the southern Brazilian Amazon and its relation to economic drivers. *Acta Amazonica* [online] 47. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201700543>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Hunke, P.; Roller, R.; Zeilhofer, P.; Schröder, B.; Mueller, E. N., 2015. Soil changes under different land-use in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. *Geoderma Regional* [online] 4. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2014.12.001>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Kar, R.; Obi Reddy, G. P.; Kumar, N.; Singh, S. K., 2018. Monitoring spatio-temporal dynamics of urban and peri-urban landscape using remote sensing and GIS – A case study from Central India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* [online] 21. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.12.006>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Klink, C. A.; Machado, R. B., 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, Washington [online] 19. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Landis, J. R.; Koch, G. G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* [online] 33. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/252931>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Leal, R. E.; Medeiros, L. T. B.; Queiroz, J. D. S.; Brito, G. L.; Coiado, L. L., 2017. Utilização das extensões TauDEM e ArcHydro: um estudo comparativo aplicado à delimitação automática de bacias hidrográficas no Estado do Pará. *Revista SEAF* 1, 204-218.
- Liping, C.; Yujun, S.; Saeed, S., 2018. Monitoring and predicting land use and land cover changes using remote sensing and GIS techniques - A case study of a hilly area, Jiangle, China. *PLOS ONE*

- [online] 13. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200493>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Lobo, F. L.; Souza-Filho, P. W. M.; Novo, E. M. L. M.; Carlos, F. M.; Barbosa, C. C. F., 2018. Mapping Mining Areas in the Brazilian Amazon Using MSI/Sentinel-2 Imagery (2017). *Remote Sensing* [online] 10. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs10081178>. Acesso: 02 jan. 2021.
- McMillan, H., Montanari, A., Cudenneq, C., Savenije, H., Kreibich, H., Krueger, T., Liu, J., Mejia, A., Van Loon, A. F., Aksoy, H., Di Baldassarre, G., Huang, Y., Mazvimavi, D., Rogger, M., Sivakumar, B., Bibikova, T., Castellarin, A., Chen, Y., Finger, D., Gelfan, A., Hannah, D. M., Hoekstra, A. Y., Li, H., Maskey, S. Mathevet, T., Mijic, A., Pedrozo Acuña, A., Polo, M. J., Rosales, V., Smith, P., Viglione, A., Srinivasan, V., Toth, E., Van Nooyen, R., Xia, J., 2016. Panta Rhei 2013–2015: global perspectives on hydrology, society and change, *Hydrological Sciences Journal*, [online] 61. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1159308>. Acesso: 02 jan. 2021.
- MAPBIOMAS. “Projeto Mapbiomas – Coleção 4 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil”, Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso: em: 15 de AGO. 2018.
- Neto, J. R. A; Andrade, E. M; Palácio, H. A. Q; Sales, M. M, Maia, A. R. S., 2017. Influence of land use/occupation on water quality in the Trussu river valley, Ceará, Brazil. *Revista Ciência Agronômica* [online] 48. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170007>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Neves, A. K.; Korting, T. S.; Fonseca, L. M. G.; Escada, M. I. S., 2020. Assessment of TerraClass and MapBiomias data on legend and map agreement for the Brazilian Amazon biome. *Acta Amazonica* [online] 50. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201900981>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Oliveira, N. A., 2015. Conquistando o oeste: Amazônia Legal brasileira e o caso de Nova Xavantina/MT. *Fronteiras: Revista de História* 17, 248 – 272.
- Pacheco, R.; Rajão, R.; Soares-Filho B.; Hoff, R. V. D., 2017. Regularização do Passivo de Reserva Legal: Percepção dos Produtores Rurais no Pará e Mato Grosso. *Ambiente e Sociedade* [online] 20. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0012r1v2022017>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Phiri, D.; Morgenroth, J., 2017. Developments in Landsat Land Cover Classification Methods: A Review. *Remote Sensing* [online] 9. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs9090967>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Picoli, M. C. A.; Rorato, A.; Leitão, P.; Camara, G.; Maciel, A.; Hostert, P.; Sanches, I. D., 2020. Impacts of Public and Private Sector Policies on Soybean and Pasture Expansion in Mato Grosso—Brazil from 2001 to 2017. *Land* [online] 9. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land9010020>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Rawat, J. S.; Kumar, M., 2015. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* [online] 18. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.02.002>. Acesso : 20 jan. 2021.
- Richards, P.; Pellegrina, H.; VanWey, L.; Spera, S., 2015. Soybean Development: The Impact of a Decade of Agricultural Change on Urban and Economic Growth in Mato Grosso, Brazil. *PLOS ONE* [online] 10. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122510>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Rogan, J.; Chen, D., 2004. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in Planning* [online] 61. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0305-9006\(03\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0305-9006(03)00066-7). Acesso: 20 jan. 2021.
- Rudorff, B. F. T.; Adami, M.; Aguiar, D. A.; Moreira, M. A.; Mello, M. P.; Fabiani, L.; Amaral, D. F.; Pires, B. M., 2011. The soy moratorium in the Amazon biome monitored by remote sensing images. *Remote Sensing* [online] 3. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs3010185>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Santos, F. A. A.; Rocha, E. J. P.; Santos, J. S., 2019. Dinâmica da Paisagem e seus Impactos Ambientais na Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 12. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.5.p1794-1815>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Santos, L. A. C.; Batista, A. C.; Neves, C. O. M.; Carvalho, E. V.; Santos, M. M.; Giongo, M., 2017. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. *Revista Agroambiente* [online] 11. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i2.3915>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Santos, V.; Laurent, F.; Abe, C.; Messner, F., 2018. Hydrologic Response to Land Use Change in a Large Basin in Eastern Amazon. *Water* [online] 10. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w10040429>. Acesso: 02 jan. 2021.

- Scanlon, B. R.; Jolly, I.; Sophocleous, M.; Zhang, L., 2007. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: quantity versus quality. *Water Resources Research* [online] 43. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2006WR005486>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Schultz, B.; Formaggio, A. R.; Eberhardt, I. D. R.; Sanches, I. D.; Oliveira, J. C.; Luiz, A. J. B., 2016. Classificação orientada a objeto em imagens multitemporais Landsat aplicada na identificação de cana de-açúcar e soja. *Revista Brasileira de Cartografia* 68, 131-143.
- Shalaby, A.; Tateishi, R., 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography* [online] 27. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2006.09.004>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Shimabukuro, Y. E.; Miettinen, J.; Beuchle, R.; Grecchi, R. C.; Simonetti, D.; Achard, F., 2015. Estimating burned area in Mato Grosso, Brazil, using an object-based classification method on a systematic sample of medium resolution satellite images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* [online] 8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7219374>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Shi, P.; Zhang, Y.; Li, Z.; Li, P.; Xu, G., 2017. Influence of land use and land cover patterns on seasonal water quality at multi-spatial scales. *CATENA* [online] 151. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.12.017>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Silva, J. S. V.; Junior, E. A. M.; Cecim, J. S. R.; Guimarães, P., 2017. Dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Teles Pires. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 18., 2017, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2017. Artigos, p. 2716-2733.* [online] ISBN: 978-85-17-00088-1. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1073134>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Silva, M.; Deluski, E. C.; Santos, S. K.F.; Claudino, W. V.; Silva, E. P., 2018. Uso de geotecnologias na dinâmica de ocupação dos solos no Município de Paranaita-MT. *Agrarian Academy* 5, 334- 346.
- Silva, T. V.; Queiroz, T. M.; Galvanin, E. S., 2017. Uso da terra no assentamento Antônio Conselheiro no estado de Mato Grosso. *Raega* [online] 40. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v40i0.44413>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Souza, A. P.; Mota, L. L.; Zamadei, T.; Martim, C. C.; Almeida, F. T.; Paulino, J., 2013. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa* [online] 01. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Spera, S. A.; Cohn, A. S.; VanWey, L. K.; Mostarda, J. F.; Rudorff, B. F.; Risso, J.; Adami, M., 2014. Recent cropping frequency, expansion, and abandonment in Mato Grosso, Brazil had selective land characteristics. *Environmental Research Letters* [online] 9. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/6/064010>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Van Loon, A. F., Rangelcroft, S., Coxon, G., Naranjo, J. A. B., Van Ogtrop, F., & Van Lanen, H. A. J., 2019. Using paired catchments to quantify the human influence on hydrological droughts. *Hydrology and Earth System Sciences* [online] 23. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Verma A. K., 2019. Sustainable Development and Environmental Ethics. *International Journal on Environmental Sciences* 10, 1-5.
- Yoshikawa, S.; Sanga-Ngoie, K., 2011. Deforestation dynamics in Mato Grosso in the southern Brazilian Amazon using GIS and NOAA/AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* [online] 32. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431160903475225>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Zaiatz, A. P. S. R.; Zolin, C. A.; Vendrusculo, L. G.; Lopes, T. R.; Paulino, J., 2018. Agricultural land use and cover change in the Cerrado/Amazon ecotone: A case study of the upper Teles Pires River basin. *Acta Amazonica* [online] 48. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201701930>. Acesso: 15 dez. 2020.
- Zeilhofer, P.; Alcantara, L. H.; Fantin-Cruz, I., 2018. Effects of deforestation on spatio-temporal runoff patterns in the upper Teles Pires watershed, Mato Grosso, Brazil. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 11. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.5.p1889-1901>. Acesso: 20 jan. 2021.
- Zilverberg, C. J.; Heimerl, K.; Schumacher, T. E.; Malo, D. D.; Schumacher, J. A.; Johnson, W. C., 2018. Landscape dependent changes in soil properties due to long-term cultivation and subsequent conversion to native grass agriculture. *Catena* [online] 160. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.09.020>. Acesso: 02 jan. 2021

## **CAPÍTULO II.**

### **IDENTIFICAÇÃO DE CONFLITOS DE USO DA TERRA EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM UMA SUB-BACIA AMAZÔNICA BRASILEIRA**

---

O presente manuscrito seguirá as padronizações adotadas pelo periódico RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise, no qual presente trabalho será submetido (Anexo “II”).

## **CAPÍTULO II**

### **Identificação de conflitos de uso da terra em Área de Preservação Permanente em uma sub-bacia amazônica brasileira<sup>1</sup>**

#### **Identification of land use conflicts in a Permanent Preservation Area in a Brazilian Amazon sub-basin**

Aline Kraeski\*, Tânia Maria de Carvalho\*, Adilson Pacheco de Souza\*, Frederico Terra de Almeida\*

\* Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, alinekraeski@gmail.com, taniacarvalho2010@gmail.com, pachecoufmt@gmail.com, fredterr@gmail.com

<sup>1</sup>Com financiamento do Projeto CAPES-ANA (Processo: 88887.144957/2017-00 - CAPES-ANA-DPB) denominado “Rede de pesquisas no rio Teles Pires: disponibilidade hídrica e sedimentos em diferentes cenários ambientais” (Programa de apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos – Pró-Recursos Hídricos).

## RESUMO

O sul da Amazônia destaca-se pelo crescente desenvolvimento agropecuário e instalação de grandes empreendimentos hidrelétricos. Diante desse cenário o objetivo deste trabalho foi quantificar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Teles Pires de acordo com a legislação vigente, descobrindo se existe conflito em relação ao uso e ocupação dessas áreas para então verificar a ocorrência de degradação. Utilizando o Índice da Diferença Normalizada da Água Modificado (MNDWI) foram delineados os corpos hídricos inseridos na área de estudo e as APPs foram delimitadas de acordo com a Lei 12.651/2012. Para identificar a existência de conflitos no interior dessas áreas foi gerado um mapa de uso e ocupação da terra através de classificação supervisionada por Máxima Verossimilhança, que foi cruzado com os limites das APPs, considerando áreas de conflito aquelas cujo uso da terra relaciona-se com atividades antrópicas. A APP delimitada compreendeu 3,96% da área total da bacia e essa apresentou estado de degradação baixo, com 83,83% da área conservada sob cobertura vegetal nativa e 15,93% apresentando tipo de uso conflitante, sobressaindo destes a ocupação por pastagens, e dentre as categorias de APP mapeadas as nascentes foram as mais impactadas. A espacialização dos conflitos no interior da bacia indicou que a mesma apresenta padrão de conservação bem distinto, concentrando-se no centro-leste as áreas mais críticas, onde localizam-se municípios que chegam a apresentar mais de 40% da APP ocupada por atividades antrópicas.

**Palavras-Chave:** Amazônia Legal; Degradação; Recursos Hídricos; Rio Teles Pires.

## ABSTRACT

The south of the Amazon region, in Brazil, stands out for its growing agricultural development and the installation of large hydroelectric projects. In view of this scenario, the objective of this work was to quantify the Permanent Preservation Areas (APPs) of the water bodies of the hydrographic basin of the Teles Pires River according to the current legislation, discovering if there is a conflict in relation to the use and occupation of these areas to then verify the occurrence of degradation. Using the Modified Normalized Water Difference Index (MNDWI), the water bodies inserted in the study area were outlined and the APPs were delimited according to Law 12.651 / 2012. To identify the existence of conflicts within these areas, a land use and occupation map was generated through classification supervised by Maximum Likelihood, which was crossed with the limits of APPs, considering areas of conflict those whose land use is related to human activities. The delimited APP comprised 3.96% of the total area of the basin and it presented a low state of degradation, with 83.83% of the area conserved under native vegetation cover and 15.93% presenting conflicting type of use, standing out among the pasture occupation, and among the categories of APP mapped, the springs were the most impacted. The spatialization of conflicts in the interior of the basin indicated that it has a very different conservation pattern, with the most critical areas concentrated in the centre-east, where municipalities are located that come to present more than 40% of the APP occupied by human activities.

**Keywords:** Legal Amazon; Degradation of the environment; Water resources; Teles Pires River.

## I. INTRODUÇÃO

O manejo da vegetação natural no Brasil é orientado por um conjunto de leis identificado como Código Florestal (BORGES et al., 2011), e a partir do Código Florestal de 1965 (Lei 4.771/1965), algumas áreas passaram a ser categorizadas como Áreas de Preservação Permanente – APPs (OLIVEIRA; CESSA; OLIVEIRA, 2020). No Código Florestal vigente, instituído pela Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, essas áreas são definidas como áreas protegidas cujo papel ambiental é o de preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, englobam dentre suas áreas as faixas marginais dos curso d'água, entorno de lagos naturais e artificiais, nascentes, declividades superiores a 45°, restingas e manguezais (BRASIL, 2012).

Diante da função ambiental que desempenham, são impostos limites para alteração das APPs, devendo essas áreas serem mantidas com vegetação nativa, admitindo-se intervenções em hipótese de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental (MACHADO et al., 2019). No entanto, mesmo com a existência da legislação limitando a ocupação dessas áreas, elas não estão isentas de sofrerem degradação devido a ocorrência de conflitos ambientais, dos quais destacam-se os oriundos do uso e ocupação da terra. Segundo Cavalcante e Lima (2019), a acelerada ocupação de áreas sem planejamento adequado acarreta processos prejudiciais aos ambientes naturais, desencadeando uma série de impactos com efeito direto nos recursos hídricos.

A fragilidade ambiental à qual as APPs estão submetidas remete a emergência na adoção de medidas de proteção desses ambientes, e uma das primeiras etapas necessárias para tal consiste na identificação dos limites das APPs (BARBALHO et al., 2019). Geotecnologias como o sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento aplicadas em SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) têm sido cada vez mais empregadas no planejamento e acompanhamento das condições ambientais dessas áreas resultando na produção de diagnósticos eficazes, fornecendo subsídios na identificação de ocorrência de conflitos de uso da terra, tornando-se aliadas no monitoramento e fiscalização das condições desses ambientes (HAAS et al., 2018).

Diversos estudos pelo Brasil têm identificado a ocorrência de conflitos quanto ao uso e ocupação das APPs, decorrentes da pressão exercida pelo avanço das atividades antrópicas (PEREIRA et al., 2016; SANTOS et al., 2018).

Localizada ao sul da Amazônia, a bacia hidrográfica do rio Teles Pires encontra-se inserida em territórios dos estados do Mato Grosso e Pará, onde é verificado alto desenvolvimento econômico mediante intensa exploração dos recursos naturais (FONSECA; ZEILHOFER, 2007), destacando-se o desenvolvimento de atividades agrícolas e pecuárias. A região também é marcada pela presença da rodovia federal BR-163, que liga as cidades de Cuiabá-MT e Santarém-PA. E através do inventário realizado pela Eletrobrás identificou-se elevado potencial para geração de energia na região, sendo estabelecido a partir deste um conjunto de aproveitamentos hidrelétricos compreendendo seis usinas hidrelétricas, as UHEs: Magessi, Sinop, Colíder, Teles Pires, Foz do Apiacás e São Manoel (GALLARDO et al., 2017). Até a realização deste estudo já se encontram implementados os reservatórios da UHEs Sinop, Colíder, Teles Pires e São Manoel.

Buscando avaliar as condições ambientais das APPs diretamente ligadas aos recursos hídricos perante o desenvolvimento econômico e estrutural em que se encontra a região, este estudo teve por objetivo quantificar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Teles Pires de acordo com a legislação vigente, descobrindo se existe conflito em relação ao uso e ocupação dessas áreas para então verificar a ocorrência de degradação.

## **II. MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do rio Teles Pires, que abrange uma área territorial de 141.524 km<sup>2</sup> e está inserida na região hidrográfica amazônica, tendo como rio principal o Teles Pires, que é um dos formadores do rio Tapajós. A mesma encontra-se situada entre as latitudes 7° 16' 47" e 14° 55' 17" Sul e longitudes 53° 49' 46" e 58° 7' 58" Oeste (Figura 1). Os climas encontrados na região segundo a classificação de Köppen são o Aw, tropical com inverno seco, predominante na área da bacia, e o Am, tropical úmido com estação seca de pequena duração, sendo

encontrado na região próxima à foz. Inserida em domínios da Amazônia e Cerrado, a bacia do rio Teles Pires apresenta vegetação característica de ambos os biomas, bem como a presença de áreas de transição.

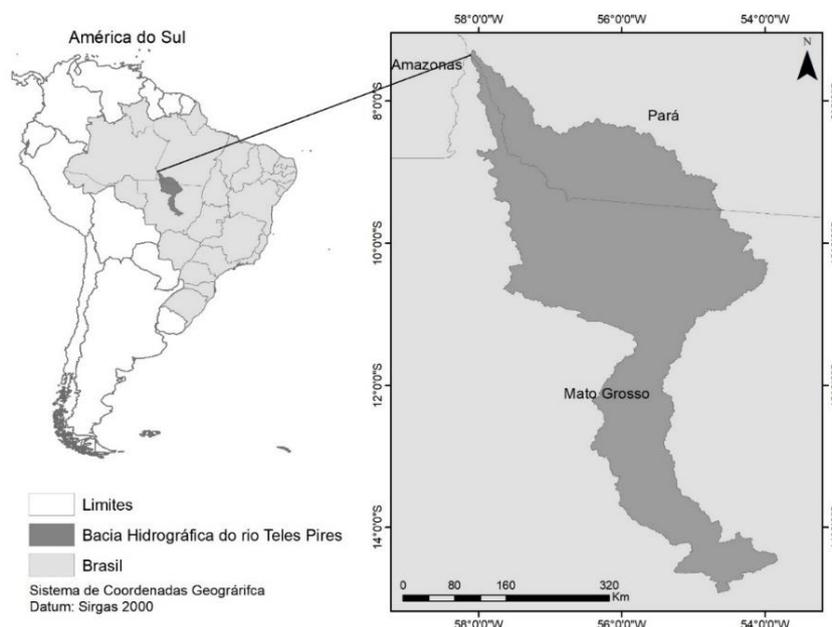


Figura 1. Localização da área de estudo.

Para a realização deste estudo foram utilizadas cenas do sensor *Operational Land Imager* - OLI, satélite Landsat 8, obtidas gratuitamente como produtos de Nível 1 do *United States Geological Survey* - USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), com resolução espacial de 30 metros, sendo necessárias 14 cenas para total cobertura da área de estudo, ambas datadas do ano de 2020 e correspondendo ao período de estiagem na região, tendo em vista menor interferência de nuvens (Tabela 1).

Tabela 1. Órbita/ponto e datas das cenas OLI - Landsat 8 utilizadas no estudo.

Órbita	225	226	227	228	228	229
Ponto	70	66; 67; 68; 69; 70	66; 67; 68; 69	65; 66	67	65
Data	10/06/2020	03/07/2020	10/07/2020	17/07/2020	15/06/2020	22/06/2020

Visando a delimitação da área de estudo foram obtidos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 90 metros do Projeto Brasil em relevo disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>). Também foram obtidos dados vetoriais referentes aos limites municipais e a rede de drenagem para o território

brasileiro junto a base cartográfica contínua do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://downloads.ibge.gov.br/index.htm>), escala 1:250.000, versão 2017, e para regionalização da bacia foram utilizadas as Unidades de Planejamento Hídrico da Agência Nacional das Águas (ANA) (<https://dadosabertos.ana.gov.br/>), que divide a região em alto, médio e baixo Teles Pires, sendo essa adaptada aos limites gerados através da delimitação da área.

Para o processamento dos dados foram utilizados os softwares ENVI, ArcGis 10.1 via componente *ArcMap* e *Google Earth Pro*.

Utilizando Modelo digital de elevação (MDE) SRTM e a rede de drenagem vetorial foi realizada a delimitação da área de estudo através da extensão *Archidro* no *ArcMap*. Inicialmente o MDE foi recondicionado com base no método AGREE, minimizando inconsistências na delimitação da área, e em seguida foi realizada a correção de depressões e obtida a direção de fluxo pelo método *Eighth Direction Pour Point Model*, o qual assume que a água flui para uma das oito células vizinhas seguindo o caminho mais íngreme. A partir desta foi obtido o fluxo acumulado, soma das células a montante que drenam para cada uma das células do raster, e gerada a rede de drenagem matricial, para qual utilizou-se o limiar de 250 células de fluxo acumulado, valor que se mostrou satisfatório para a área. Por fim a bacia foi delimitada com base no ponto de exutório (foz do rio Teles Pires).

Para delimitar as APPs dos corpos hídricos foi necessário dispor de informações sobre a distribuição destes pela área, para qual optou-se por utilizar o Índice da Diferença Normalizada da Água Modificado (MNDWI) com base nas cenas Landsat. O MNDWI corresponde a uma versão modificada do Índice da Diferença Normalizada da Água (NDWI) (MCFEETERS, 1996) proposta por Xu (2006), que utiliza as bandas espectrais do verde e do infravermelho médio para delinear superfícies de água com base nos contrastes de reflectância dos alvos nas diferentes regiões espectrais. Esse método apresenta bons resultados para extração de feições de água (ALI; HASIM; ABIDIN, 2019).

A aplicação de índices espectrais exige a conversão dos números digitais (ND) das bandas das imagens de satélite para valores de reflectância (LI; JIANG; FENG, 2014).

Então todas as cenas foram preparadas no software ENVI, utilizando os metadados obtidos junto as imagens, onde foi realizada a conversão dos ND para valores de reflectância do topo da atmosfera utilizando a ferramenta *Radiometric Calibration* e correção atmosférica com o módulo FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) que usa o modelo de transferência radiativa MODTRAN (Moderate Resolution Atmospheric Transmission), entregando dados de reflectância de superfície (PRUDÊNCIO; AMARO; SCUDELARI, 2019).

Selecionadas as bandas correspondentes as faixas espectrais do verde e do infravermelho médio, bandas 3 (0,53-0,59  $\mu\text{m}$ ) e 6 (1,57-1,65  $\mu\text{m}$ ) do sensor OLI, estas foram inseridas no *ArcMap*, unidas as cenas da mesma banda espectral, e utilizando a calculadora raster foi obtido o MNDWI através da aplicação da equação 1 (XU, 2006).

$$MNDWI = \frac{\text{Banda 3} - \text{Banda 6}}{\text{Banda 3} + \text{Banda 6}} \quad (1)$$

O MNDWI foi recortado usando o limite da bacia como máscara. E sabendo que valores positivos correspondem as áreas cobertas por água (ZHOU et al., 2017) os valores maiores que zero ( $> 0$ ) foram individualizados e convertidos para o formato vetorial, resultando em polígonos representando os corpos hídricos da bacia. Estes foram classificados a fim de gerar agrupamentos equivalentes aos expressos no Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), utilizando para tal identificação visual e ferramentas de edição, tendo como apoio as imagens de satélite e a rede de drenagem vetorial.

A classificação dos polígonos de água consistiu em: separação dos polígonos em duas categorias - cursos d'água e lagos; classificação dos cursos d'água de acordo com intervalos de largura; cálculo das áreas dos lagos, sendo excluídos os inferiores a 1 hectare, dispensados da reserva da faixa de proteção, e agrupados os demais em duas categorias - até 20 hectares e superior a 20 hectares; classificação dos lagos de acordo com localização e origem em rurais ou urbanos e naturais ou artificiais.

Para diferenciação de lagos naturais e artificiais foram verificadas imagens históricas da plataforma *Google Earth Pro*, verificando a existência destes antes da ocupação antrópica da área. Dos lagos artificiais foram excluídos aqueles em que não se verificou represamento do curso d'água natural como determina o Código Florestal.

Muitos cursos d'água foram omitidos devido a limitação imposta pela resolução espacial das cenas e pela presença de matas de galeria densas. Buscando delimitar as APPs desses corpos hídricos utilizou-se a rede de drenagem do IBGE, escala de 1:250.000, classificando estes cursos d'água como inferiores a 10 metros de largura devido a impossibilidade de extrair as larguras reais. Apesar da baixa escala da rede de drenagem optou-se por seu uso por dispor de informações com cobertura para toda a área de estudo, e para minimizar os erros de deslocamento de trechos da hidrografia em relação as cenas Landsat, foram realizadas edições através de vetorização manual nos locais onde foi verificada a existência de tais problemas. E por fim foram demarcadas as nascentes por meio da criação de um arquivo vetorial de pontos, estes sendo inseridos nos locais de início dos cursos d'água.

As APPs foram delimitadas utilizando a ferramenta *buffer*, que cria polígonos no entorno das feições vetoriais com faixas de largura previamente definidas. As larguras dos *buffers* seguiram o estabelecido pelo Código Florestal vigente, Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012) e estas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Larguras estabelecidas para as APPs dos corpos hídricos.

<b>Categoria</b>	<b>APP</b>
Curso d'água com largura inferior a 10 metros	30 metros
Curso d'água entre 10 e 50 metros de largura	50 metros
Curso d'água entre 50 e 200 metros de largura	100 metros
Curso d'água entre 200 e 600 metros de largura	200 metros
Curso d'água com largura superior a 600 metros	500 metros
Nascente	Raio de 50 metros
Lago natural em área rural	100 metros
Lago natural em área rural com até 20 ha	50 metros
Lago e lagoa natural em área urbana	30 metros
Reservatórios d'água artificiais	30 metros (mínimo)
Reservatórios artificiais em área rural com superfície de até 20 ha	15 metros (mínimo)
Reservatório artificial em área urbana	15 metros (mínimo)

Fonte: Novo Código Florestal (Brasil, 2012).

Para lagos artificiais o Código Florestal designa que a APP deve corresponder ao estabelecido no licenciamento ambiental, porém estipula valores mínimos, e estes foram adotados neste estudo.

Para verificar a existência de conflitos quanto ao uso da terra nas APPs foi gerado um mapa de uso e ocupação da terra através da classificação supervisionada das cenas Landsat 8 já em valores de reflectância de superfície, sendo estas submetidas a composição de mosaico, recorte da porção correspondente à área de estudo, e composição colorida RGB 654 (Infravermelho médio, Infravermelho próximo e Vermelho). O método de classificação empregado foi o de Máxima Verossimilhança que, a partir de informações das classes presentes na área, calcula a probabilidade dos pixels da cena pertencerem a cada uma delas com base na função densidade de probabilidade multivariada de classes, atribuindo os pixels à classe de maior probabilidade (ALI; QAZI; ASLAM, 2018). Essas informações foram fornecidas ao classificador a partir da seleção de amostras representativas das classes identificadas na área utilizando técnica de interpretação visual de imagens pelo estabelecimento de chaves de interpretação (NOVO, 2010).

Visando maior qualidade do mapeamento, classes heterogêneas foram divididas em subclasses para as fases de treinamento e classificação de acordo com a variedade de padrões apresentados pelas classes e os conjuntos amostrais possuíram valor mínimo de mil pixel por treinamento. Na tabela 3 são apresentadas as classes resultantes do mapeamento do uso e ocupação da terra para a área de estudo.

Tabela 3. Classes de uso e ocupação da terra mapeadas na área de estudo.

<b>Água</b>	Superfícies cobertas por água.
<b>Floresta</b>	Vegetação florestal arbórea com alta densidade de árvores.
<b>Cerrado</b>	Vegetação com predominância de estrato arbustivo, apresentando variação com áreas de formação florestal de baixa densidade.
<b>Pastagem</b>	Superfícies compostas por forragens perenes naturais ou plantadas, destinadas ao pastoreio do gado.
<b>Agricultura</b>	Áreas cultivadas utilizadas para a produção de alimentos, fibras e <i>commodities</i> do agronegócio.
<b>Queimada</b>	Superfícies que sofreram processos de queima recentes.
<b>Áreas minoritárias naturais</b>	Junção de classes de ocupação natural de pouca abrangência territorial na área da bacia incluindo bancos de areia e formações rochosas.
<b>Áreas minoritárias antrópicas</b>	Junção de classes de ocupação antrópica de pouca abrangência territorial na área da bacia incluindo áreas urbanas e de mineração.

Através da sobreposição do mapa temático gerado na classificação e o mapa de APPs, foram extraídas as classes de uso e ocupação da terra inseridas nessas áreas, considerando como áreas de conflito as classes oriundas de uso antrópico.

Para estimar a qualidade da classificação do uso e ocupação da terra nas APPs foram coletadas amostras de verdade terrestre através de imagens de alta resolução da plataforma *Google Earth Pro* referentes a datas próximas a das cenas classificadas, e estas foram cruzadas com os dados do mapeamento e construída uma matriz de erro, e a partir desta foram calculados o Índice Kappa (COHEN, 1960) e as Exatidões Global, do Produtor e do Usuário (CONGALTON, 1991).

Buscando avaliar a distribuição espacial dos conflitos do uso da terra nas APPs ao longo da bacia realizou-se a compartimentação da área com base na sua regionalização em alto, médio e baixo Teles Pires e nos limites municipais inseridos na bacia, e a avaliação da degradação das APPs se baseou no percentual de áreas de conflito existentes. Este estudo não considerou o critério de áreas consolidadas em APPs, o qual autoriza a continuidade das atividades em áreas rurais consolidadas até 2008, permitindo a recuperação parcial das áreas de acordo com o tamanho do imóvel, visto que a avaliação deste critério demandaria informações sobre todos os imóveis inseridos na bacia.

### **III. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram encontrados para a bacia do rio Teles Pires 5.607,36 Km<sup>2</sup> de Áreas de Preservação Permanente relacionadas aos corpos hídricos, o que corresponde a 3,96% da área total da bacia. Mapeando categorias de APP semelhantes, Nunes et al. (2015) encontram área equivalente a 11,1% em uma microbacia no norte de Mato Grosso, já Pereira et al. (2016) encontraram área equivalente a 2,8% mapeando uma bacia no estado do Pará. Diferenças quanto a área ocupada por APPs decorrem das distintas características naturais específica de cada localidade, como relevo e drenagem, bem como a escala dos dados utilizados (SANTOS et al., 2017).

Conforme o mapeamento do uso e ocupação da terra realizado para a bacia do rio Teles Pires, a mesma apresenta predomínio de vegetação nativa, correspondente as

classes de floresta e cerrado, que juntas ocupam 59% da área. Das classes derivadas de uso antrópico mapeadas destaca-se a pastagem ocupando 21,9% da bacia, seguida da agricultura com 17,1%. As demais classes, água, queimada e as áreas minoritárias naturais e antrópicas, apresentaram percentuais baixos de ocupação, sendo 0,8%, 0,1%, 0,2% e 0,4%, respectivamente.

A validação da classificação foi realizada apenas para as áreas inseridas no interior das APPs e dos corpos hídricos. Como mostrado na Tabela 4, a exatidão do usuário, probabilidade da área mapeada realmente representar a categoria no terreno, foi maior para as classes área minoritária natural e antrópica, água, cerrado e pastagem, ambas superiores a 90% e a exatidão do produtor, probabilidade da área real estar corretamente representada no mapa, foi maior para as classes água, áreas minoritárias naturais, floresta, pastagem e agricultura, ambas superiores a 90%. As principais confusões identificadas no mapeamento decorrem da omissão de áreas de cerrado sendo incluídas indevidamente na classe floresta, mas como ambas correspondem a áreas de vegetação nativa, tal erro não implica na identificação dos conflitos quanto ao uso indevido da terra nas APPs. A Exatidão Global foi de 91,16% e o Índice Kappa resultante foi de 0,89, este considerado excelente de acordo com Landis e Koch (1977), indicando que a classificação apresenta resultados bem satisfatórios.

Tabela 4. Valores de exatidão do usuário e produtor obtidos para as classes de uso e ocupação da terra mapeadas no interior das APPs.

Classe	Água	Floresta	Cerrado	Pastagem	Agricultura	Áreas minoritária	
						Natural	Antrópica
<b>Número de amostras</b>	221	380	269	217	119	26	47
<b>Exatidão do usuário (%)</b>	99,10	82,78	98,93	92,34	89,68	100,00	97,62
<b>Exatidão do produtor (%)</b>	100,00	98,68	68,77	94,47	94,96	100,00	87,23

Na Figura 2 é apresentado o mapa de uso e ocupação da terra para as APPs, e na Tabela 5 são dispostos os valores correspondentes a área ocupada por cada classe.

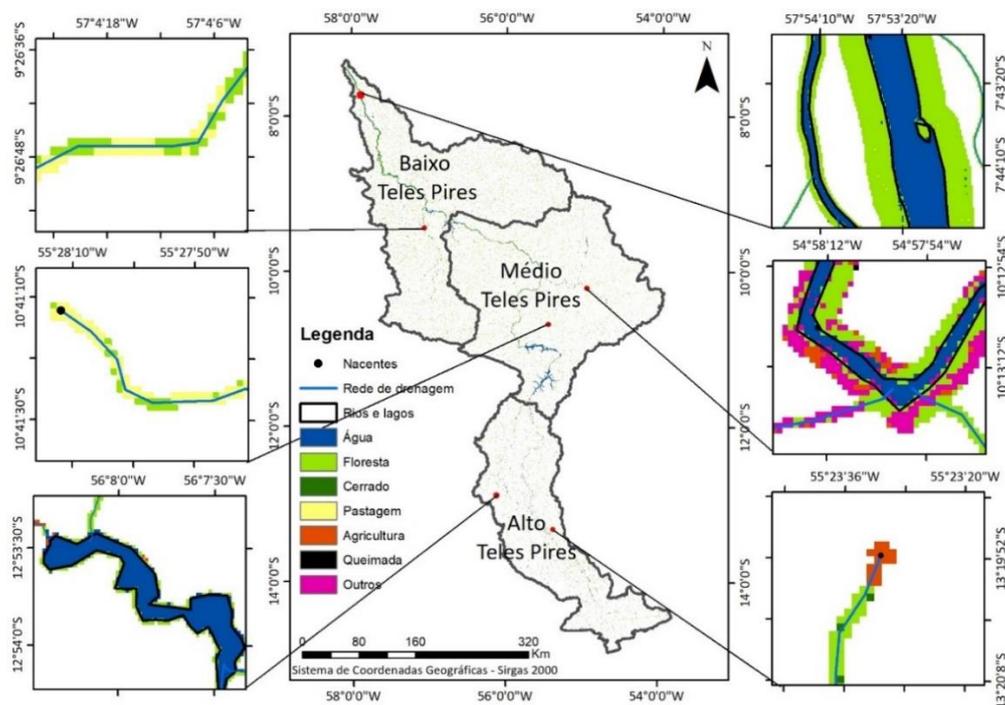


Figura 2. Mapa de uso e ocupação da terra no interior das APPs dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Teles Pires, em 2020, ressaltando detalhes de alguns trechos.

Tabela 5. Áreas de uso e ocupação da terra nas APPs da bacia hidrográfica do rio Teles Pires e nas respectivas regiões.

Classe	Bacia do rio Teles Pires		Regiões da bacia					
			Alto Teles Pires		Médio Teles Pires		Baixo Teles Pires	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Floresta	4.551,90	81,18	708,79	74,26	1.617,87	73,20	2.225,24	91,10
Cerrado	148,67	2,65	148,67	15,58	-	-	-	-
Pastagem	726,03	12,95	50,89	5,33	488,90	22,12	186,24	7,62
Agricultura	109,35	1,95	42,22	4,42	63,41	2,87	3,71	0,15
Queimada	13,79	0,25	2,25	0,24	11,53	0,52	0,01	0,00
Área minoritária natural	13,43	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	13,43	0,55
Área minoritária antrópica	44,19	0,79	1,65	0,17	28,59	1,29	13,95	0,57
<b>Total</b>	<b>5.607,36</b>	<b>100,00</b>	<b>954,47</b>	<b>100,00</b>	<b>2.210,30</b>	<b>100,00</b>	<b>2.442,58</b>	<b>100,00</b>
<b>Áreas de conflito</b>	<b>893,36</b>	<b>15,93</b>	<b>97,01</b>	<b>10,16</b>	<b>592,44</b>	<b>26,80</b>	<b>203,91</b>	<b>8,35</b>

Diante dos resultados constatou-se que 83,83% das APPs mapeadas na bacia encontram-se efetivamente conservadas sob cobertura de vegetação nativa, representada pelas classes floresta e cerrado, destacando-se dentre as regiões o baixo e o alto Teles Pires, onde o percentual de conservação das APPs foi superior. Elevado percentual de conservação de APP também foi registrado por Oliveira et al. (2017) ao

mapear uma área a oeste da Bahia, onde foi registrada a ocupação de 95,65% da área das APPs por vegetação natural de acordo com dados de 2010.

Em relação a existência de conflitos quanto ao uso das APPs, identificou-se que 15,93% da área encontra-se ocupada por alguma forma de uso antrópico, identificadas aqui como pastagem, agricultura, queimada e áreas minoritárias antrópicas. Destas, sobressaiu a classe pastagem ocupando 12,95% da APP delimitada para a bacia, seguida da classe agricultura com 1,95%. O maior percentual de conflitos é registrado no médio Teles Pires e a pastagem corresponde a principal classe conflitante em todas as regiões da bacia apesar de apresentar percentuais distintos. No alto Teles Pires a diferença entre as áreas ocupadas por agricultura e pastagem foi de apenas 8,67 km<sup>2</sup>, região essa que é marcada pelo predomínio de áreas agrícolas.

Mascarenhas, Ferreira e Ferreira (2009) ao mapear 14.250 Km<sup>2</sup> de APP na Bacia do rio Araguaia, região Centro-Oeste do Brasil, identificaram que 44,58% da área apresentava-se degradada, principalmente nos seguimentos do alto e médio curso do rio Araguaia, identificando *in loco* que grande parte destas eram usadas pela atividade pecuária. A pastagem também foi apontada como responsável pela degradação das APPs em estudo conduzido por Nunes et al. (2015) em uma microbacia do rio Teles Pires, ocupando 47,7% da APP mapeada.

A expressiva ocupação das APPs por pastagem é explicada pela utilização do modelo de pecuária extensiva na região, com a criação de grandes rebanhos de gado (WEIHS; SAYAGO; TOURRAND, 2017), baseado no pastoreio e utilização dos corpos d'água como fontes para a dessedentação animal. E apesar do Código Florestal liberar o acesso de animais às APPs para obtenção de água (Artigo 9º, Lei 12.651/12) essa prática tem favorecido o desmatamento dessas áreas através da expansão das pastagens para o interior destas (MASCARENHAS; FERREIRA; FERREIRA, 2009).

Considerando as diferentes categorias de APPs mapeadas na bacia do rio Teles Pires verificou-se que as áreas no entorno das nascentes foram as mais impactadas, nas quais 29,35% da área encontra-se com uso indevido, o que é evidenciado na Tabela 6. Cocco et al. (2016) ao mapearem as APPs das nascentes de uma sub-bacia do rio Juruena encontraram 41,34% de degradação naquela área em 2014. Esse cenário é alarmante,

visto que a alteração antrópica desses ambientes compromete o reabastecimento do lençol freático e geram impactos quantitativos e qualitativos na água (PESSI et al., 2019).

Tabela 6. Áreas de conflito de uso da terra nas diferentes categorias de APPs (diferentes classes de corpos d'água) mapeadas na bacia.

Categoria	Corpos d'água	Nascentes	Lagos Naturais	Lagos Artificiais	Lagos UHEs*
Proporção do total de APP (%)	96,38	2,18	0,05	1,39	1,03
Áreas de conflito (%)	15,06	29,35	2,98	21,90	18,69

\*Lagos UHEs refere-se aos lagos dos empreendimentos hidrelétricos instalados no curso do rio Teles Pires e esses valores também são contabilizados em Lagos artificiais.

Em relação aos reservatórios artificiais localizados na área de estudo decorrentes do barramento para instalação das Usinas Hidrelétricas (UHEs) São Manoel, Teles Pires, Colíder e Sinop, a APP destes equivaleu a 1% do total de APPs mapeadas na bacia, onde foi identificada área de conflito equivalente a 18,69%. Mas cabe ressaltar que a UHE Sinop apresenta muitas áreas em seu entorno ainda desprovidas de vegetação devido a instalação do empreendimento ter se realizado em período recente.

Apesar do percentual de degradação da APP encontrado na bacia do rio Teles Pires ser baixo, este ainda é preocupante, visto que a degradação dessas áreas compromete os serviços ambientais por elas prestados. Essas áreas são fundamentais na estabilização das margens dos cursos d'água, controle da erosão do solo e da qualidade da água, reduzindo a contaminação dos ambientes aquáticos (DOMINGUES et al., 2015) e no entorno de reservatórios artificiais ajudam a prolongar a vida útil destes (MOREIRA et al., 2015).

Através da intersecção dos limites municipais do território brasileiro e as APPs mapeadas, foram identificados 34 municípios nos quais as APPs encontram-se inseridas, e estes foram classificados de acordo com o percentual de APP degradada, considerando o quantitativo de áreas sob uso antrópico. O resultado é ilustrado no mapa da Figura 3 e encontra-se vinculado às informações da Tabela 7.

Dos 34 municípios identificados, sete estão inteiramente inseridos no interior da bacia, já o restante se encontra inserido parcialmente. Nove dos municípios registraram percentual de degradação das APPs inferior a 10%, compreendendo 33% do total de

APPs mapeadas, dos quais destacam-se os municípios paraenses de Jacareacanga e Novo Progresso, que juntos são responsáveis por 25% do total de APP mapeada na bacia. Doze municípios apresentaram entre 10 e 20% da APP degradada, abrangendo cerca de 28% da área de APP total, com destaque para Apiacás, que sozinho responde por 10%. Cinco municípios registraram percentual de degradação entre 20 e 30%, representando cerca de 26% da APP total, com destaque para Alta Floresta, que sozinho responde por 8%. Sendo assim, os sete municípios restantes abarcando cerca de 13% do total de APPs mapeadas na bacia apresentaram elevado percentual de degradação, cinco destes registrando entre 30 e 40% de degradação dessas áreas e três apresentando entre 40 a 50%, e a representatividade individual dos municípios inseridos nestes grupos foi inferior a 2,3%.

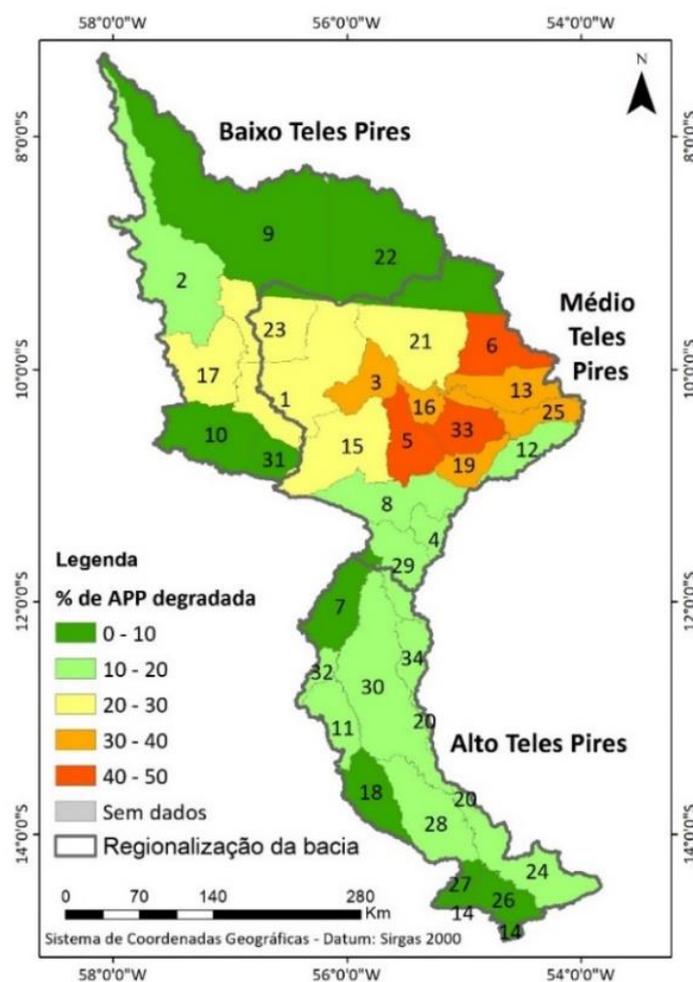


Figura 3. Classificação dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Teles Pires de acordo com o percentual de degradação da APP.

Tabela 7. Municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Teles Pires nos quais estão localizadas as APPs mapeadas.

N. Id	Município	% mun/bacia	% APP mun/total	N. Id	Município	% mun/bacia	% APP mun/total
1	Alta Floresta	100	7,54	18	Nova Mutum	30,16	0,95
2	Apiacás	44,93	10,30	19	Nova Santa Helena	69,95	0,86
3	Carlinda	100,00	2,25	20	Nova Ubitatã	4,72	0,25
4	Cláudia	31,73	0,72	21	Novo Mundo	100	4,30
5	Colíder	100	2,20	22	Novo Progresso	35,90	8,88
6	Guarantã do Norte	70,46	2,22	23	Paranaíta	100,00	5,29
7	Ipiranga do Norte	98,78	1,74	24	Paranatinga	18,84	1,96
8	Itaúba	97,35	2,88	25	Peixoto de Azevedo	15,22	1,35
9	Jacareacanga	34,33	15,90	26	Planalto da Serra	85,02	0,95
10	Juara	20,94	3,01	27	Rosário Oeste	11,11	0,44
11	Lucas do Rio Verde	67,26	0,97	28	Santa Rita do Trivelato	99,91	2,74
12	Marcelândia	18,05	0,86	29	Sinop	81,06	1,46
13	Matupá	58,42	1,80	30	Sorriso	98,37	4,87
14	Nova Brasilândia	18,89	0,28	31	Tabaporã	17,63	1,08
15	Nova Canaã do Norte	99,77	4,89	32	Tapurah	17,77	0,34
16	Nova Guarita	100	0,78	33	Terra Nova do Norte	100	1,48
17	Nova Monte Verde	82,75	3,82	34	Vera	55,98	0,64

N. Id: número de identificação do município relacionado ao mapa; % mun/bacia: percentual do município que se encontra inserido na bacia do rio Teles Pires; % APP mun/total: percentual de APP do município correspondente ao total de APP da bacia.

Dos municípios com reduzido percentual de degradação, parte localizam-se próximos a foz do rio Teles Pires, região favorecida pela baixa ocupação territorial e pela presença de Áreas protegidas. Baixa degradação das APPs também foi registrada nos municípios localizados no alto Teles Pires, região de ocupação já consolidada e caracterizada por elevado desenvolvimento agrícola, podendo ser associado a esse resultado o atual desenvolvimento de um projeto de subsídio a restauração das APPs. Tal projeto beneficia cinco dos municípios inseridos nessa região (Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, Nova Ubitatã, Sorriso e Tapurah), e é fruto da parceria entre as prefeituras, produtores rurais e a ONG norte-americana *The Nature Conservancy*, que objetiva ajudar agricultores na adequação de suas propriedades com base na legislação ambiental vigente utilizando recursos provindos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES por meio do Fundo Amazônia, (TIMOTHEO et al., 2016).

É na porção centro-leste da bacia que se concentram os municípios com elevado percentual de APP degradada, destacando-se Guarantã do Norte, Terra Nova do Norte e Colíder, estes dois últimos inteiramente inseridos na bacia, nos quais as APPs

encontram-se com 40 a 50% da área com uso conflitante. Bernasconi, Mendonça e Micol (2009) ao mapearem as APPs do município de Colíder em 2008, indicaram 60% das APPs degradadas, e Nobre, Roque e Bampi (2013) também relatam a precária situação das APPs do município, corroborando com os resultados deste estudo. Os municípios localizados nessa região historicamente têm a pecuária como atividade econômica principal com recente crescimento de lavouras temporárias (LOVATO, 2017).

Nessa porção da bacia também se encontra localizada a Reserva Garimpeira de Peixoto de Azevedo, englobando os municípios de Peixoto de Azevedo, Novo Mundo, Nova Guarita, Matupá, Marcelândia, Terra Nova do Norte e Nova Santa Helena, correspondendo a segunda maior área de extração de ouro do Brasil (MASSARO; THEIJE, 2018). E a atividade é caracterizada por desenvolver-se nas margens dos corpos hídricos impactando na retirada da mata ciliar, contribuindo para a degradação das APPs, sendo relatado por Souza et al. (2008) a ocorrência de tal fato nas margens do rio Peixoto de Azevedo, resultando na exposição do solo e ocorrência de processos erosivos.

Apesar dos municípios com elevado percentual de degradação das APPs representarem apenas 13% do total da bacia, estes concentram-se na mesma porção, indicando a condição alarmante da região e tornando evidente a necessidade da adoção de medidas que visem a recuperação dessas áreas, favorecendo a regeneração das APPs degradadas, uma vez que essas áreas proporcionam efeitos positivos no que se refere à disponibilidade e qualidade da água e são imprescindíveis para a manutenção dos recursos hídricos (VIEGAS; ALMEIDA; SOUZA, 2018). Iniciativas como as que vem sendo desenvolvidas na região do alto Teles Pires, se ampliadas, poderiam favorecer a recuperação de outras áreas pela bacia do rio Teles Pires e até mesmo em outras regiões do Brasil.

#### **IV. CONCLUSÕES**

A metodologia adotada possibilitou identificar uma área de 5.607,36 Km<sup>2</sup> de APP ligada aos corpos hídricos, equivalente a 3,96% da área total da bacia, porção significativa para inferir sobre as condições ambientais da área.

Constatou-se que de forma geral a degradação das APPs dos corpos hídricos inseridos na bacia do rio Teles Pires é baixa, com 15,93% da área sendo ocupada por uso conflitante. No entanto, a bacia é marcada por contrastes espaciais quanto a conservação das APPs em sua extensão, com condições mais favoráveis sendo registradas nas regiões do baixo e alto Teles Pires, onde localizam-se municípios com baixos percentuais de conflito de uso da terra no interior das APPs, e as piores condições de conservação ocorrem na porção centro-leste, inserida na região do médio Teles Pires, onde são registrados percentuais críticos de degradação das APPs, tornando iminente a necessidade de adoção de medidas de intervenção.

Das formas de uso da terra conflitantes encontradas nas APPs da bacia do rio Teles Pires se destaca a ocupação por pastagem, estando a degradação dessas áreas relacionada ao desenvolvimento da atividade pecuária na região, que tem levado a expansão das áreas de pastagem para o interior das APPs.

As nascentes representaram a categoria de corpo hídrico mais impactada pelo uso indevido das terras na área de estudo, tal fato representa uma ameaça à manutenção e disponibilidade dos recursos hídricos na região.

Este estudo colaborou para a identificação de áreas degradadas em APPs que podem ser alvos de recursos e programas de restauração florestal dentro da bacia.

## **V. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) e Agência Nacional das Águas (ANA) pelo financiamento da pesquisa e concessão de bolsa (Bolsa - Processo: 88887.144957/2017-00 - CAPES-ANA-DPB).

## **VI. REFERÊNCIAS**

ALI, M. Z.; QAZI, W.; ASLAM, N. A comparative study of ALOS-2 PALSAR and landsat-8 imagery for landcover classification using maximum likelihood classifier. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, v. 21, p. S29–S35, 2018.

ALI, M. I.; HASIM, A. H.; ABIDIN, M. R. Monitoring the Built-up Area Transformation Using Urban Index and Normalized Difference Built-up Index Analysis. **International Journal of Engineering, Transactions B: Applications**, v. 32, n. 5, p. 647–653, 2019.

BERNASCONI, P.; MENDONÇA, R. A. M.; MICOL, L. Uso de SIG no diagnóstico ambiental municipal: estudo de caso no município de Colíder - MT. *In*: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 3575-3582. DVD. ISBN 978-85-17-00044-7.

BARBALHO, M. G. S.; FRANCO, J. L. A.; LEAL, A. C.; PEIXOTO, J. C. Áreas de preservação permanente, cobertura e uso da terra da bacia hidrográfica do rio das Almas, microrregião de Ceres, Goiás, Brasil. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 10, n.3, p. 163-178, 2019.

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 ambiental brasileira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, p. 1202-1210, 2011.

BRASIL. Lei N. 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2012, 25 mai. 2012. Disponível em: <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: 10 set. 2019.

CAVALCANTE, J. C.; LIMA, A. M. M. Análise do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Mocajuba-PA. **InterEspaço**, Grajaú, v. 5, n. 18, p. 1-25, 2019.

COCCO, J.; GALVANIN, E. A. S.; RIBEIRO, H. V.; NASCIMENTO, D. L. Land use/land cover analysis in the Permanent Preservation Areas at the springs of the sub-basin from Mato Grosso State-Brazil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.38, n.3, P. 1411-1418, 2016.

COHEN, J. A. Coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, Durham, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CONGALTON, R.G. A review of assessing the accuracy classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing Environment**, v. 37, p.35-46, 1991.

DOMINGUES A. L.; LIPP-NISSINEN, K. H., MIRANDA, L. S.; BURIOL, G. A. Delimitação da área de preservação permanente da Lagoa dos Gateados, na Planície Costeira do Rio

- Grande do Sul (RS), utilizando séries de imagens de satélite e dados hidrológicos históricos. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 8, n. 3, p. 776-792, 2015.
- FONSECA, G. P. S.; ZEILHOFER, P. Técnicas de geoprocessamento aplicadas na análise de poluição difusa da bacia do Rio Teles Pires – MT. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 2597-2604. CD-ROM. ISBN: 978-85-17-00031-7
- GALLARDO, A. L. C. F.; SILVA, J. C.; GAUDERETO, G. L.; SOZINHO, D. W. F. A avaliação de impactos cumulativos no planejamento ambiental de hidrelétricas na bacia do rio Teles Pires (região amazônica). **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 43, Edição Especial: Avaliação de Impacto Ambiental, p. 22-47, 2017.
- HAAS, A.; CONCEIÇÃO, S. R.; DESCOVI FILHO, L.; HENKES, J. A. Delimitação e caracterização de APP através do uso de um sistema de informação geográfica (SIG): o caso das APPs nos cursos de água da sub-bacia do Lajeado Pardo, noroeste do RS. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 640-649, 2018.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p.159-174, 1977.
- LI, P.; JIANG, L.; FENG, Z. Cross-Comparison of Vegetation Indices Derived from Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) sensors. **Remote Sensing**, v. 6, p. 310–329, 2014.
- LOVATO, D. M. C. Análise da abordagem territorial rural no Território Portal da Amazônia: exemplo de Terra Nova do Norte, Mato Grosso. **Revista Política e Planejamento Regional**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 31 a 51, 2017.
- MACHADO, M. M; PINTO, C. R. S. C.; MONTALVÁN, R. A. V.; PORTELA, T. M. N.; PACHECO, R. M. Land use of the environmental protected area of the coastal environment of Serra do Tabuleiro State Park-Palhoça/SC, Brazil: zoning and environmental restrictions. **Environment, Development and Sustainability**, v. 21, p. 1225–1250, 2019.
- 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. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 5-18, 2009.

MASSARO, L.; THEIJE, M. Understanding small-scale gold mining practices: an anthropological study on technological innovation in the Vale do Rio Peixoto (Mato Grosso, Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 618-635, 2018.

MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425- 1432, 1996.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F.; SANTOS, G. M. A. D. A.; EUGENIO, F. C. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.22, n.2, p. 141-152, 2015.

NOBRE, N. A. O.; ROQUE, C. G.; BAMPI, A. C. Efeitos antrópicos e suas implicações na bacia hidrográfica do rio Carapá, Colíder – Mato Grosso/Brasil. **Revista de Geografia Acadêmica**, Boa Vista, v. 7, n. 1. p. 70-80, 2013.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4ª ed. São Paulo, Blucher, 2010. 388p.

NUNES, E. J. D. S.; SILVA, E. P. D.; SOUZA, E. D.; ROCHA FILHO, J. A. D.; SILVA, D. S. N. D. 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, 2015.

OLIVEIRA, C. M. M.; CESSA, R. M. A.; OLIVEIRA, J. A. M. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em diferentes resoluções espaciais. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 171-180, 2020.

OLIVEIRA, N.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F.; MC MANUS, C. M. Deforestation analysis in protected areas and scenario simulation for structural corridors in the agricultural frontier of Western Bahia, Brazil. **Land Use Policy**, v. 61, p. 40–52, 2017.

PEREIRA, B. W. F.; MACIEL, M. D. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, M. A. M. S.; RIBEIRO, A. M.; FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 472-485, 2016.

- PESSI, D. D.; EREIO, P. K. B.; ALVES, G. B. M.; MARTARELLO, A. P.; OLIVEIRA, S. M. L. Qualidade da Cobertura Vegetal em Áreas de Preservação Permanente de Nascentes. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 3, p. 270- 280, 2019.
- PRUDÊNCIO, P. C.; AMARO, V. E.; SCUDELARI, A. C. Análise da evolução costeira entre os anos de 1984 e 2014 de trecho do litoral Oriental do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 4, p. 189-205, 2019.
- SANTOS, S. M.; SILVA, R. M.; LOPES, I; ALBUQUERQUE JUNIOR, E. C. Identificação de conflitos de uso e cobertura da terra na área de proteção ambiental – APA do Lago de Sobradinho, Bahia. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.8, n.2, p. 67-77, 2018.
- SANTOS, W. A., ALMEIDA, A. Q., CRUZ, J. F., MELLO, A. A., SANTOS, R.B., LOUREIRO, D.C., 2017. Conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente da bacia do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Manaus, v. 60, p. 19-24, 2017.
- SOUZA, L. C. D.; CARVALHO, M. A. C.; CORRÊA, B. S.; SILVA, M. P. Consequências da atividade garimpeira nas margens do Rio Peixoto de Azevedo no perímetro urbano do município de Peixoto de Azevedo- MT. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 2, p. 220- 231, 2008.
- TIMOTHEO, G.; MOLINA, D.; CAMPOS, M.; BENINI, R.; PADOVEZI, A (org.). **Manual de restauração da vegetação nativa, Alto teles pires, MT**. Local de publicação: The Nature Conservancy (TNT), 134 p., 2016.
- VIEGAS, S.; ALMEIDA, R. M.; SOUZA, F. S. A identificação das áreas de preservação permanente no município de Santarém, estado do Pará, Brasil, a partir de técnicas de geoprocessamento. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 9, n. 33, p. 153-169, 18 dez. 2018.
- WEIHS, M.; SAYAGO, D.; TOURRAND, J.F. Dinâmica da fronteira agrícola do Mato Grosso e implicações para a saúde. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 31, n.89, 2017.
- XU, H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 14, p. 3025-3033, 2006.
- ZHOU, Y.; DONG, J.; XIAO, X.; XIAO T.; YANG, Z.; ZHAO, G.; ZOU Z.; QIN, Y. Open Surface Water Mapping Algorithms: A Comparison of Water-Related Spectral Índices e Sensores. **Water**, v. 9, n. 4, 2017.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de metodologia utilizando dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento inseridas em SIGs (Sistemas de Informações Geográficas), com o uso de imagens disponíveis de forma gratuita e abrangência temporal suficiente, foi satisfatória na caracterização das mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra e identificação de conflitos ambientais na bacia hidrográfica do rio Teles Pires. A análise permitiu identificar que a região vem sendo fortemente alterada nos últimos 34 anos, e estas mudanças estão diretamente relacionadas à expansão de áreas para agricultura e pastagem, com conseqüente redução das áreas naturais da bacia por meio da conversão de áreas.

A região vivenciou nos últimos anos oscilações da intensidade e característica das transformações, o que pôde ser relacionado às condições econômicas e políticas vivenciadas pelo Brasil em diferentes momentos. Onde a agricultura representa a modalidade de uso da terra de maior crescimento, e este se mantém mesmo diante das atuais políticas de contenção do desmatamento na região, devido a incorporação de áreas antrópicas já consolidadas com a conversão de áreas de pastagem para agricultura, o que tem levado ao deslocamento destas para novas áreas.

Outra marcante alteração identificada na área da bacia diz respeito à construção de infraestrutura para a implementação de empreendimentos hidrelétricos na área, que têm acarretado no aumento da superfície ocupada por água e contribuído para o desflorestamento de áreas naturais.

Apesar da ocorrência acelerada de mudanças no uso e ocupação da terra na bacia do rio Teles Pires nas últimas décadas, constatou-se que, de forma geral, a degradação das APPs dos corpos hídricos inseridos na bacia é baixa, com apenas 15,93% dessas áreas apresentando uso conflitante em 2020, porém dentre as categorias de corpo hídrico analisadas, as nascentes se apresentaram como as áreas mais impactadas pelo uso indevido das terras, o que representa uma ameaça à manutenção e disponibilidade dos recursos hídricos na região.

Dentre as áreas de conflito identificadas no interior das APPs, a ocupação por pastagem se destacou, levando a conclusão que a degradação dessas áreas na região está relacionada ao desenvolvimento da atividade pecuária. No entanto a bacia é marcada por contrastes quanto ao nível de degradação das APPs apresentados em seu interior, com

condições mais favoráveis sendo registradas nas regiões do baixo e médio Teles Pires, enquanto que elevados percentuais de degradação ocorrem na porção centro-leste da bacia, localizada na região do médio Teles Pires, tornando iminente a necessidade de adoção de medidas de intervenção.

Também o padrão de uso e ocupação da terra na bacia se diferiu nos distintos compartimentos da bacia, sendo o alto Teles Pires, sul da bacia, a apresentar maior grau de alteração antrópica e estas expandem-se em sentido norte ao longo do tempo, indicando uma tendência de continuidade na expansão da ocupação e uso da terra na região de montante à jusante da bacia. Diante disso se faz importante o monitoramento contínuo das condições de ocupação antrópica da bacia e avaliação do potencial reflexo que estas alterações podem acarretar nos recursos hídricos, tendo em vista o potencial econômico da região, a fim de propiciar informações que subsidiem o planejamento e gestão da área.

## **ANEXO I – Normas da Revista Brasileira de Geografia Física**

A Revista Brasileira de Geografia Física é um periódico bimestral de divulgação científica, iniciada em 2008 da Universidade Federal de Pernambuco. Artigos técnico-científicos, Revisões de literatura e Notas científicas a serem publicados na Revista devem ser originais, e de relevância para a Geografia Física e meio ambiente. A Comissão Editorial abre exceção apenas para trabalhos apresentados em Congressos sob a forma de resumos simples. A periodicidade é bimestral. Os itens da revista são publicados individualmente, adicionando-se os mesmos ao sumário atual quando prontos.

### **Diretrizes para Autores**

Os artigos, revisões de literatura e notas CIENTÍFICAS devem ser encaminhados, exclusivamente, via online, editados nos idiomas Português ou Inglês. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 (210 x 297 mm), com margens ajustadas em 2cm (superior, inferior, esquerda e direita), texto em duas colunas, espaçamento simples entre linhas, indentação de 1,25 cm no início de cada parágrafo, fonte Times New Roman, tamanho 11 em todo o texto. Os títulos devem estar em fonte 12 e os subtítulos (quando existirem) devem estar em itálico. O manuscrito deve ser submetido seguindo o modelo da RBGF. Todas as Figuras (imagens e/ou gráficos) devem ser incluídas no corpo do texto e também submetidas em separado e isoladamente (uma a uma) em documentos suplementares. As figuras para documentos suplementares devem possuir 300dpi. O número mínimo de páginas será de 15 para Artigos, 20 para Revisão de Literatura e 8 para Nota Científica, incluindo tabelas, gráficos e ilustrações. Um número mínimo de páginas diferente das quantidades recomendados pela revista serão aceitos apenas mediante consulta prévia ao Editor Chefe. Os Artigos, Revisões de Literatura, Notas científicas deverão ser iniciados com o título do trabalho e, logo abaixo, os nomes completos dos autores, com o cargo, o local de trabalho dos autores e endereço eletrônico. A condição de bolsista poderá ser incluída. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso e entidades financiadoras do projeto. O artigo deverá conter, obrigatoriamente, os seguintes tópicos: Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords, Introdução com revisão de literatura e objetivos; Material e Métodos; Resultados, Discussão; Conclusão,

Agradecimentos e Referências. Os capítulos de Resultados e Discussão poderão ser inseridos juntos ou em separado no artigo.

Agradecimentos devem aparecer sempre antes das Referências. Todos estes tópicos devem ser escritos com apenas a primeira letra maiúscula, fonte Times New Roman, tamanho 11 e negrito, com exceção do TÍTULO que deverá estar em tamanho 12 e apenas com a primeira letra das principais palavras em maiúscula, por exemplo: "Estrutura do Componente Lenhoso de uma Restinga no Litoral Sul de Alagoas, Nordeste, Brasil (Structure of the Woody Component of a Restinga on the South Coast of Alagoas, Northeastern Brazil)", com exceção dos nomes científicos e autores das espécies. As referências deverão ser atualizadas e publicados nos últimos cinco anos.

A REVISÃO DE LITERATURA deverá conter os seguintes tópicos: Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; Agradecimentos e Referências. Os Agradecimentos devem aparecer antes das Referências.

A NOTA CIENTÍFICA deverá conter os seguintes tópicos: Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Texto (sem subdivisão, porém com Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão (podendo conter Tabelas ou Figuras); Conclusão; Agradecimentos e Referências. Os Agradecimentos devem aparecer antes das referências. As seções devem ser constituídas de: TÍTULO – apenas com a primeira letra em maiúscula, deve ser conciso e indicar o seu conteúdo. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios, etc.).

Créditos de financiamentos devem vir em Agradecimentos, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Os Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer E-mail para correspondência.

Os RESUMO e ABSTRACT devem conter no máximo 250 palavras, escritos no seguinte formato estruturado: Motivação do estudo (porque o trabalho foi realizado, quais as principais questões a serem investigadas e porque isso é importante para o público da RBGF), Métodos (texto explicativo dos métodos utilizados para a realização do estudo),

Resultados (principais resultados obtidos) e Conclusões (afirmativas curtas que respondam os objetivos apresentados na Introdução). Serão seguidos da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do RESUMO para o inglês constituirá o ABSTRACT, seguindo o limite de até 250 palavras. Ao final do RESUMO, citar até cinco Palavras-chave, à escolha do autor, em ordem de importância, evitando palavras no plural e abreviaturas. A mesma regra se aplica ao ABSTRACT em Inglês para as Keywords.

Resumo e Abstract NÃO devem conter citações bibliográficas.

Introdução - deve ser breve ao expor, evitando abreviaturas, fórmulas e nomes dos autores de espécies vegetais/animais:

a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado;

b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo.

Introdução NÃO deve conter Figuras, Gráficos ou Quadros.

Material e Métodos - devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em Resultados deve, obrigatoriamente, estar descrito no item Material e Métodos.

Resultados - devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. As Figuras devem ser numeradas em sequência, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da Figura e/ou Quadro. As Tabelas devem ser numeradas em sequência, em arábico e com numeração independente das Figuras. Tanto as Figuras quanto os Quadros devem ser inseridos no texto o mais próximo possível de sua primeira citação.

Itens da Tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda. As Figuras e as Tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa (Figura e Tabela). Todas as Figuras e Tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto e ser submetidas como documentos suplementares, em separado. As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu

significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4  $\mu\text{m}$ ), e com o número separado da unidade, com exceção de percentagem (Ex.: 90%). Os números de um a dez devem ser escrito por extenso (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0 4,0 mm; 125 amostras. O nome científico de espécies deve estar sempre em itálico, seguido do nome do autor.

Os títulos das Figuras, Tabelas e/ou Quadros devem ser autoexplicativos e seguir o exemplo a seguir: Figura 1. Localização, drenagem e limite da bacia hidrográfica do Rio Capiá. Subdivisões dentro de Material e Métodos ou de Resultados e/ou Discussão devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.: Área de Estudo - localiza se ...

Discussão - deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

Conclusões - devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

Agradecimentos - Item obrigatório no artigo. Devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

Referências e citações seguem as regras da APA.

Seguir instruções abaixo:

Citação no texto

Todas as referências citadas no texto devem também está presente na lista de referências e vice-versa. As citações podem ser feitas diretamente ou entre parênteses:

Segundo Pimentel (2018), ...

Moura (2018) e Galvêncio (2018) constataram...

Galvêncio e Moura (2018), trabalhando com ...

Galvêncio et al. (2008) constataram...

No final ou no meio de uma sentença:

(Pimentel, 2018)

(Galvêncio e Moura, 2018)

(Galvêncio et al., 2008)

Grupos de referências devem ser listadas em ordem cronológica:

...como demonstrado por alguns autores (Galvincto et al., 2015; Galvincto e Moura, 2016; Pimentel, 2018).

Referências:

### **Periódicos**

Autor, Ano. Título. Periódico volume, páginas.

Foley, J.A., Botta, M.T., Coe, M.H.C., 2002. The el niño/southern oscillation and the climate, ecosystems and rivers of amazon. *Global Biogeochemical Cycles* 2, 1-5.

### **Periódicos eletrônicos**

Autor, Ano. Título. Periódico [Online] volume. Disponível: URL. Acesso: Dat.

Amanajás, J.C., Braga, C.C., 2012. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia oriental utilizando análise multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online] 27. Disponível: [http:// dx.doi. org/ 10.1590/ s0102 – 77862012000400006](http://dx.doi.org/10.1590/s0102-77862012000400006). Acesso: 23 jun. 2014.

### **Instituição**

Sigla. Entidade, Ano. Título. Cidade.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2001. Caracterização de Ambientes na Chapada dos Veadeiros/Vale do Rio Paranã: uma contribuição para a Classificação Brasileira de Solos. Planaltina.

Não se recomenda citações em livros, teses e dissertações. Essas citações só serão aceitas com autorização do editor.

Recomenda-se no mínimo 30 citações por artigo. As citações precisam ser atualizadas e publicadas nos últimos cinco anos.

Taxas para autores:

Não há cobrança de taxas tanto para a submissão quanto para a avaliação de textos a serem publicados na *Revista Brasileira de Geografia Física-RBGF*.

Caso este documento seja aceito para publicação, será necessário o pagamento de uma Taxa de Publicação de Artigo para auxiliar nos custos de publicação. Publicação de Artigo: 200,00 (BRL)

## **ANEXO II – Normas da revista RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise**

A Revista RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise é um periódico em meio digital, com periodicidade quadrimestral, mantido pelo Departamento de Geografia e Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná, com a ajuda de pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento e instituições. Seu objetivo é publicar trabalhos inéditos e de carácter amplo, capazes de acrescentar novos conhecimentos ao saber geográfico em todas as suas vertentes ou, que possam aprimorar às metodologias de análise espacial.

Os manuscritos serão submetidos à análise crítica de avaliadores internos e/ou externos à instituição editora, para julgamento de mérito.

Esta revista proporciona acesso público a todo seu conteúdo, seguindo o princípio que tornar gratuito o acesso a pesquisas gera um maior intercâmbio global de conhecimento. Não são cobradas taxas ou encargos aos autores, garantindo total gratuidade da revista tanto para acesso quanto à submissão de artigos.

### **NORMAS PARA O ENVIO DE TRABALHOS:**

I. Prazos: Devido à grande demanda, o tempo médio entre a submissão e aceite de um artigo é de 1 ano aproximadamente. Visando agilizar o processo de avaliação, a RA'E'GA através dos editores de secção e membros de apoio, procede a duas análises que antecedem o envio dos artigos para avaliação por pares: análise de escopo e análise quanto à normas e plágio. Estas análises são realizadas no período máximo de 42 dias, contados a partir da submissão. Assim, se em até 42 dias não houver comunicação ou recusa, significa que o artigo foi encaminhado para avaliação cega por pares.

### **II - Orientação geral**

1. A Revista RA'E GA publica trabalhos de pesquisa originais e inéditos na forma de artigos científicos relacionados à análise do espaço geográfico, em todas as suas vertentes.

2. O artigo deve ser submetido por meio do sistema eletrônico SER.

3. O artigo deve ser original, inédito e se enquadrar no escopo da Revista.

4. O artigo não pode ter sido submetido para publicação em outro periódico.

5. Os artigos poderão ser apresentados nos idiomas: português, inglês e espanhol. Caso aceito, opcionalmente, o autor pode enviar a versão final em língua estrangeira e língua portuguesa para a publicação em dois idiomas.

A partir de 2022, todos os artigos em submetidos em português e aceitos deverão enviar versão também no idioma Inglês.

As traduções podem ser feitas por empresas especializadas ou pessoa devidamente capacitada (devendo a comprovação da capacitação do tradutor ser enviada como "Documentos Auxiliares").

5.1 Em artigos redigidos em português as palavras estrangeiras que ainda não tenham sido incorporadas ao idioma devem ser grafadas em itálico.

6. O trabalho deverá conter, no mínimo, 50% das suas referências bibliográficas advindas de artigos científicos publicados em periódicos. Casos excepcionais poderão ser justificados.

7. Não serão publicados dois ou mais artigos de um mesmo autor (es) em um mesmo número da revista, mesmo em co-autoria.

8. O artigo deve ter entre 10 e 20 páginas digitadas, incluindo figuras, tabelas, referências e primeira página (conforme o item V - Organização do Texto).

9. O arquivo do artigo submetido não pode ultrapassar 10mb (megabytes). Casos excepcionais poderão ser justificados.

10. Não serão aceitos documentos suplementares além do arquivo principal do artigo, exceto documentos comprobatórios, inclusive aqueles relativos à aprovação junto ao CEP, quando necessário.

11. O conteúdo do artigo e o processo de submissão são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

12. Devem ser indicadas, se for o caso e na primeira página, as fontes de financiamento relacionadas ao trabalho e, no caso de pesquisas que envolvam seres humanos, a forma de aprovação junto ao Comitê de Ética (CEP), conforme Resolução 196/96 (RES CNS 196/96).

13. O texto deve apresentar linguagem científica, impessoal, não podendo ser redigido em 1ª pessoa.

14. Recomenda-se que o(s) autor(es) busque(m) assessoria linguística profissional (revisores e/ou tradutores certificados em língua portuguesa e inglesa) antes de

submeter(em) originais que possam conter incorreções e/ou inadequações morfológicas, sintáticas, idiomáticas ou de estilo. Originais identificados com incorreções e/ou inadequações morfológicas ou sintáticas serão devolvidos antes mesmo de serem submetidos à avaliação quanto ao mérito do trabalho e à conveniência de sua publicação.

15. O artigo será submetido à apreciação do Conselho Consultivo da Revista (revisão e aprovação por pares), que acatará ou não a publicação. Cada artigo será enviado para dois revisores (internos ou externos à equipe editorial e à UFPR) de reconhecida competência na temática abordada. Em caso de desacordo, o original será enviado para uma terceira avaliação. O processo de avaliação por pares é um procedimento sigiloso quanto à identidade tanto dos autores quanto dos revisores, por isso os autores deverão empregar todos os meios possíveis para evitar a identificação de autoria do artigo submetido. A decisão final sobre a publicação ou não do manuscrito é sempre dos editores, aos quais é reservado o direito de efetuar os ajustes que julgarem necessários. Na detecção de problemas de redação, o manuscrito será devolvido aos autores para as alterações devidas. O trabalho reformulado deve retornar no prazo máximo determinado na comunicação entre editor e autor.

16. Após a aprovação do trabalho, o Conselho Editorial da Revista entrará em contato com os autores, solicitando as informações completas sobre a formação, a instituição de origem, cidade, estado, país e e-mails de todos os autores.

17. Artigos fora das normas, do escopo, ou que não sigam os prazos estabelecidos, podem ser sumariamente rejeitados e arquivados a qualquer momento durante o processo de avaliação.

### III - CONFLITO DE INTERESSE

No caso da identificação de conflito de interesse da parte dos revisores, o Comitê Editorial encaminhará o manuscrito a outro revisor ad hoc.

### IV - FORMATAÇÃO DO TEXTO

1. O texto deve ser digitado utilizando-se o programa MICROSOFT WORD FOR WINDOWS.

2. A configuração da página deve ser A4 com margens de 3 cm (superior, inferior, direita e esquerda).

3. Utilizar letra Calibri tamanho 12, espaçamento entre linhas de 1,5. Indicação padrão para parágrafo (tabulação) ou recuo da primeira linha de 1,25cm.

4. Os autores não devem ser identificados no corpo do texto e nas figuras, gráficos ou mapas.

## V - ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

1. O artigo deverá conter, na primeira página, apenas o título (português e inglês) e na segunda página deverá constar o resumo e o abstract, com 200 a 250 palavras, espaçamento simples em parágrafo único, ambos precedidos de 3 a 5 palavras-chave separadas por ponto e vírgula.

As palavras-chave não devem ser as mesmas presentes no título do artigo.

O Resumo deve sintetizar o trabalho e nele devem constar o objetivo e a conclusão.

Os nomes dos autores e qualquer outra possibilidade de identificação da autoria não devem fazer parte do arquivo submetido.

2. O artigo deve possuir a seguinte estrutura:

- Introdução
- Materiais e Métodos
- Resultados e Discussão
- Conclusão ou Considerações Finais
- Referências

Outras seções e subseções serão aceitas, no entanto, as seções acima possuem caráter obrigatório.

A Introdução deve apresentar: a contextualização, a justificativa, bem como os objetivos da pesquisa.

3. Citações devem estar de acordo com os seguintes exemplos:

a) referências chamadas no texto: (SANTOS, 1995, p.90)

b) referências inseridas na frase: segundo Santos (1995, p.08).

c) identificar por letras caso um mesmo autor citado tiver mais de uma publicação no mesmo ano: (SANTOS, 1995a, p.06).

d) citações textuais de menos de cinco linhas devem aparecer no decorrer do texto, na mesma letra e entre aspas, as de mais de cinco linhas devem ser digitadas com recuo na margem esquerda de 6cm, sem aspas nem itálicos e em letra Calibri, tamanho 9.

4. Referências devem estar de acordo com os seguintes exemplos:

a) livro: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do(s) autor(es) do livro). Título do livro (em negrito). Cidade da edição: Editora, ano da edição.

b) capítulo de livro: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do(s) autor(es) do capítulo). Título do capítulo. In: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (Ed., Org., Comp.). Título do livro (em negrito). Cidade da edição: Editora, ano. Número do capítulo, p. página inicial - página final do capítulo.

c) artigos de periódicos/revistas: SOBRENOME, Iniciais do nome (de todos os autores). Título do artigo. Nome do periódico (em negrito), Cidade da publicação, número do volume, número do fascículo, p. página inicial - página final, ano.

d) trabalhos acadêmicos: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do autor). Título do trabalho acadêmico (em negrito). Data de publicação. Tese/Dissertação/Monografia (Doutorado/Mestrado/ em ...) - Departamento, Universidade, cidade da defesa.

e) trabalhos em eventos: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do(s) autor(es)). Título do trabalho. In: NOME DO EVENTO EM CAIXA ALTA, número do evento, ano de realização, cidade: Editora, data, página inicial-final.

f) artigos de periódicos online: SOBRENOME, Iniciais dos nomes (do(s) autor(es)). Título do trabalho. Local: Editora, data. Disponível em: (fonte). Acesso em: data (dia, mês, ano).

5. As figuras, quadros e tabelas devem ser inseridas ao longo do corpo do texto. Nas figuras a legenda deve estar posicionada na parte inferior, seguido pela fonte dos dados. Nas tabelas a legenda deve estar na parte superior e a fonte dos dados na parte inferior.

a) Os mapas devem conter legendas que contemplem todos os seus elementos assim como indicações de coordenadas, informações técnicas sobre o sistema de projeção.

b) Os nomes dos autores não deve estar presentes nas figuras, tabelas e quadros.