

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

ANDRÉIA MARTINS DA COSTA

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DOS CONFLITOS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA
EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE PERTENCENTES À BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PERDIZES – MG**

MONTE CARMELO

2019

ANDRÉIA MARTINS DA COSTA

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DOS CONFLITOS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA
EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE PERTENCENTES À BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PERDIZES – MG**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva

MONTE CARMELO

2019

ANDRÉIA MARTINS DA COSTA

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DOS CONFLITOS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA
EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE PERTENCENTES À BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PERDIZES – MG**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel.

Monte Carmelo, 17 de junho de 2019.

Prof^ª. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva (UFU)

Prof^ª. Dra. Luziane Ribeiro Indjai (UFU)

Prof. Dr. Pedro Eduardo Ribeiro de Toledo (UFU)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus, que me deu força e resignação para passar por todos os obstáculos, cansaço, choro e desespero, e por me lembrar de que sou mais forte do que penso diante das dificuldades.

Aos meus pais Celmo e Aparecida, por sempre terem sido meu alicerce, e por terem me apoiado em todos os momentos da minha vida, e por me acompanhar durante toda esta trajetória, eu amo vocês.

A minha irmã Andressa por todo carinho, paciência, conselhos e ajuda nos momentos que precisei.

Ao meu namorado Arthur por estar sempre do meu lado me apoiando mesmo nos meus piores dias, e nos meus diferentes humores, também pelo apoio, amor, carinho e paciência.

Aos meus avós Rita e Oliveiros que hoje não estão entre nós, mas de onde estiverem dedico esta minha conquista a vocês.

A todos os membros da minha família todo o meu carinho, respeito e admiração.

Aos professores e técnicos que me acompanharam durante a longa jornada de formação acadêmica no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia Campus Monte Carmelo, meu muito obrigado.

Aos amigos que fiz ao longo de minha graduação, em especial a VI turma de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, levarei todos comigo.

A minha orientadora Prof^ª Dr^ª Mirna Karla Amorim da Silva, tenho uma enorme gratidão por todos os conhecimentos transmitidos, pela dedicação, paciência e tempo que teve comigo durante a execução deste trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia por me permitir cursar este curso, e por todas as experiências e conhecimentos adquiridos ao longo de minha jornada.

*Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de
água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.*

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

A área de estudo deste trabalho é a bacia hidrográfica do rio Perdizes, localizada no Estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. A mesma está inserida no bioma Cerrado, uma savana com diferentes fitofisionomias e grande biodiversidade. Ao determinar a área de estudo, observou-se a problemática referente à degradação das áreas de preservação permanente (APP's) no entorno dos cursos d'água da bacia. Verificou-se, assim, a necessidade de mapeá-las e estudá-las com maior enfoque. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo a delimitação e avaliação das APP's dos cursos d'água, da bacia hidrográfica do rio Perdizes, realizando uma análise temporal do uso e ocupação da terra, nos anos de 1987 e 2018, por meio de imagens de satélite Landsat 5 e Landsat 8. Para a execução do trabalho foram utilizados conhecimentos e metodologias de diversas áreas do conhecimento como o Geoprocessamento, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sensoriamento Remoto, Processamento Digital de Imagens (PDI) e Hidrologia. Com este estudo realizado foi possível analisar o avanço da degradação das APP's e relacionar estas informações com a situação de proteção em que se encontram os cursos d'água da bacia hidrográfica estudada, com vistas a mostrar se está sendo ou não cumprida a legislação ambiental. Para isso, realizou-se uma classificação supervisionada no *software Envi 5.0*, para identificar e analisar as classes de uso e ocupação da terra, na área de estudo. Realizou-se também, a identificação da hierarquia fluvial através do método de Strahler e a delimitação das APP's por meio da ferramenta *buffer*, do *software Arcgis*. Por fim, foram gerados o mapa da hierarquia fluvial, o mapa de uso e ocupação da terra (2018) e os mapas de conflito de uso nas APP's (anos de 1987 e 2018). Desta forma, com os dados obtidos foi possível concluir que ocorreu o avanço das atividades agropecuárias no período estudado (31 anos) e houve uma grande e indevida diminuição da vegetação nativa em 26,60% da área das APP's da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica. Área de Preservação Permanente. Análise temporal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Faixa de APP de nascentes e olhos d’água perene.....	15
Figura 2 – Técnicas e divisão de processamento de imagens.....	18
Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo.....	23
Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos.....	25
Figura 5 – Imagens Pré-processadas.....	27
Figura 6 – Buffer das APP’s.....	31
Figura 7 – Mapa da Hierarquia Fluvial da área de estudo.....	32
Figura 8 – Mapa de uso e ocupação da terra em 2018.....	33
Figura 9 – Gráfico de uso e ocupação da terra (2018).....	34
Figura 10 – Gráfico de conflito uso e ocupação da terra dentro das APP’s (1987).....	35
Figura 11 – Gráfico de conflito uso e ocupação da terra dentro das APP’s (2018).....	36
Figura 12 – Áreas de conflito de uso da agropecuária em APP’s no ano de 2018.....	37
Figura 13 – Área de Preservação Permanente Preservada no ano de 2018.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Largura mínima da faixa de APP nas margens de rio ou riacho.....	14
Quadro 2 – Largura da faixa de APP ao redor de lagos naturais e artificiais.....	14
Quadro 3 - Relação de datas da aquisição das imagens.....	26
Quadro 4 – Classes consideradas para a classificação da imagem.....	28
Quadro 5 – Largura dos buffers.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores do índice Kappa e concordância da classificação.....	29
Tabela 2 - Área de uso e ocupação da terra (2018).....	34
Tabela 3 - Áreas de conflito de uso em APP's dos anos de 1987 e 2018.....	35
Tabela 4 - Alterações das classes de uso e ocupação da terra em APP's de 1987 a 2018.....	38
Tabela 5 – Dados do Censo agropecuário IBGE – Lavouras.....	38
Tabela 6 – Dados do Censo agropecuário IBGE – Matas Florestais.....	39
Tabela 7 – Dados do Censo agropecuário IBGE – Pastagens.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO	11
2.1	OBJETIVO GERAL.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	JUSTIFICATIVA	12
4	REFERENCIAL TEÓRICO	12
4.1	COBERTURA VEGETAL DA TERRA E A IMPORTÂNCIA AMBIENTAL.....	12
4.2	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.....	13
4.3	BACIAS HIDROGRÁFICAS	14
4.4	GEOPROCESSAMENTO	16
4.5	SENSORIAMENTO REMOTO EM ESTUDOS AMBIENTAIS	17
4.6	PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS.....	17
4.6.1	Correção das Imagens.....	18
4.6.2	Realce das Imagens	19
4.6.3	Classificação das Imagens	20
4.7	MAPEAMENTO TEMÁTICO	21
5	MATERIAL E MÉTODOS	23
5.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
5.2	MATERIAL	24
5.3	MÉTODOS	24
5.3.1	Aquisição das Imagens	25
5.3.2	Pré-Processamento	26
5.3.3	Processamento das Imagens	27
5.3.4	Refinamento da Imagem	28
5.3.5	Validação da Classificação.....	28
5.3.6	Hierarquia Fluvial	29
5.3.7	Delimitação das Áreas de Preservação Permanente.....	30
5.3.8	Elaboração dos Mapas Temáticos.....	31
6	RESULTADOS	32
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651/2012), as Áreas de Preservação Permanente (APP's) são protegidas legalmente, e definidas como áreas cobertas ou não por vegetação, de caráter público ou privado, de âmbito urbano ou rural. Estas visam a preservação tanto de recursos hídricos, como do solo, da paisagem, de fatores geológicos e geomorfológicos, auxiliando no controle da biodiversidade, e garantindo condições favoráveis para a sobrevivência da população.

Apesar das APP's serem legalmente protegidas, grande parte das regiões em que deveriam ser preservadas sofrem interferências humanas ao longo do tempo, como o desmatamento, a queimada da vegetação nativa, a poluição nos entornos dos rios. Tais interferências podem acarretar modificação da paisagem, os grandes deslizamentos de terra, assoreamento dos rios e contaminação dos cursos d'água.

A preservação e a recuperação das APPs, além de importantes para a biodiversidade, garantem a manutenção de áreas verdes, proporcionando maior conforto ambiental, amenizando a temperatura e mantendo a umidade do ar. Suavizam a poluição visual das cidades, transformando-as em um ambiente agradável, garantindo o direito da população ao bem-estar e a uma cidade mais sustentável (SCHÄFFER *et al.*, 2011).

A atuação do homem no meio ambiente, ao longo da história, fornece provas de suas ações em busca do progresso. Esta evolução tem seu lado positivo, pois abre novos horizontes, novas possibilidades e descobertas, e o lado negativo, pois pode causar desequilíbrios ecológicos, econômicos e sociais. Desta forma, o próprio homem, vem criando mecanismos para controlar, sanar e prevenir tais desequilíbrios. Neste sentido emerge uma área de estudos e aplicações, denominada "Geoprocessamento" (THOMÉ, 1998, p. 25).

Neste contexto, a técnica empregada com maior importância no Geoprocessamento é o Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do uso das ferramentas computacionais torna-se possível a delimitação e quantificação de uma determinada área de estudo, onde o produto gerado na maioria das vezes são mapas temáticos que auxiliam na análise de impactos ambientais.

O levantamento da cobertura vegetal e uso e ocupação da terra tornam-se primordiais para o entendimento sobre a organização do espaço. Desta forma, estudos permitem adquirir um conhecimento sobre sua utilização, sendo ela por parte do homem, de áreas não utilizadas

pelo mesmo, onde se analisa os aspectos e características da vegetação presentes na cobertura do solo, e suas respectivas localizações.

Ao longo do tempo torna-se imprescindível a necessidade de obter informações rápidas e atualizadas do uso e ocupação da terra e cobertura vegetal, para avaliação e estudos das alterações da paisagem.

Para Gomes *et al.* (2009), a geração de produtos a partir do sensoriamento remoto é de grande importância para o monitoramento de áreas ambientais, por apresentar modernas ferramentas, as quais possibilitam uma investigação quantitativa da paisagem causada por diferentes modelos do uso e ocupação da terra. Diante disso, as principais técnicas de obtenção destas informações são através do sensoriamento remoto e do processamento digital de imagens.

Desta forma, a análise e interpretação de imagens é uma técnica eficaz para uma análise minuciosa sobre área, auxiliando na identificação dos elementos contidos de forma clara e objetiva e auxiliando os estudos ambientais.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Delimitar e avaliar os conflitos de uso e ocupação da terra em Áreas de Preservação Permanente dos cursos d'água pertencentes à bacia hidrográfica do rio Perdizes – MG, no período de 1987 e 2018.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral proposto, foram realizados os objetivos específicos, a seguir:

- Mapear as APP's dos cursos de água na área de estudo;
- Mapear o uso e ocupação da terra da bacia (ano de 2018) e das APP's (1987 e 2018);
- Avaliar os conflitos de uso e ocupação de terra nas APP's dos cursos d'água da área de estudo.

3 JUSTIFICATIVA

Diante do atual cenário de degradação ambiental, percebido nas últimas décadas, o intenso desmatamento associado à ação antrópica e a expansão das fronteiras agrícolas tem gerado diversos outros problemas ambientais, entre o assoreamento e conseqüente diminuição da vazão de corpos d'água, e a diminuição da biodiversidade da fauna e flora, entre outros.

Dessa forma, têm-se como preocupação a conservação e a manutenção dos recursos naturais e, de forma especial, os recursos hídricos. Verificando-se esta problemática, surge como possibilidade a criação de mapas de uso e ocupação da terra e a realização da análise temporal das áreas de preservação permanente (APP's), dos anos 1987 e 2018, por meio de imagens de satélite, para verificar o processo de degradação dessas áreas.

Na análise temporal, objetiva-se determinar as áreas que foram mais afetadas ao longo de um determinado período, pelo processo de desmatamento e aquelas que ainda se encontram preservadas.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2018), a conservação das APP's tem grande importância na preservação ambiental, tem como principais objetivos: manutenção da cobertura vegetal, proteção das margens dos cursos d'água e manutenção de suas vazões, prevenção dos processos erosivos, garantindo proteção da fauna e flora, mantendo o equilíbrio de todo o ecossistema.

A conservação ambiental proporciona a todos os seres vivos uma melhor qualidade de vida e manutenção da vida e das futuras gerações. Dessa forma, a Constituição Federal no seu Art. 255 prevê que: "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para os presentes e futuras gerações" (BRASIL, 1988).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 COBERTURA VEGETAL DA TERRA E A IMPORTÂNCIA AMBIENTAL

A cobertura vegetal que recobre a área da bacia hidrográfica é de extrema importância para manutenção dos ecossistemas presentes no local. Servem de refúgio para a fauna e dão a

ela condições de alimentação e sobrevivência. Influenciam também diretamente nas condições climáticas como, por exemplo, na umidade do ar, temperatura, regime hídrico.

Apesar de se conhecer a importância da manutenção da cobertura vegetal da terra e a realização de práticas conservacionistas, percebe-se que esta não é a realidade em que estamos inseridos. Com o aumento das atividades antrópicas, a ocupação de extensas áreas com agricultura e pecuária, é comum observar sérios problemas de degradação ambiental e, conseqüentemente, perdas associadas a todas atividades ecológicas.

O avanço da tecnologia espacial colocou o momento da disponibilidade de produtos de satélites imageadores da terra como marco de uma nova era dos estudos de Uso da Terra, pois ao mesmo tempo em que lhe dá uma nova metodologia de pesquisa, revela a concepção teórica que orienta a apreensão espacial e temporal do uso da terra no seu conjunto para a gestão da apropriação do espaço geográfico global ou local. (IBGE, 2006, p. 11).

O grande problema está associado com o mau uso da terra, que podem desencadear diversos danos ao meio ambiente, como: assoreamento dos cursos d' água, erosão, desertificação, entre outros. Dentre as principais formas de degradação ambiental, destaca-se a degradação do solo como a mais preocupante visto que acarretarão vários outros problemas.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), a degradação dos solos brasileiros está associada diretamente à ocorrência dos processos erosivos, assoreamento dos cursos d' água e perda de fertilidade do solo. Estas perdas não se limitam apenas a perdas de recursos ambientais, podem levar a grandes prejuízos financeiros que estão associados à diminuição de produção agrícola e grande quantidade de recursos gastos para mitigar os impactos.

4.2 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

No intuito de proteger algumas áreas de relevante potencial ecológico, frente às ocupações antrópicas, foram definidas as APP's.

As Áreas de Preservação Permanente, de acordo com o Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, art. 3º, inciso II, são definidas por:

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012, p. 2).

A Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, dispõe sobre as políticas florestais e de proteção à biodiversidade no Estado de Minas Gerais (ALEMG, 2013). Esta Lei aplica-se de forma complementar ao Novo Código Florestal Brasileiro. Ambos consideram as seguintes locais passíveis de constituir ou recuperar áreas de APPs e suas respectivas larguras:

- As margens de cursos d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

Quadro 1 - Largura mínima da faixa de APP nas margens de rio ou riacho

LARGURA (rio ou riacho)	FAIXA DE APP
até 10m	30m
de 10 a 50m	50m
de 50 a 200m	100m
de 200 a 600m	200m
de mais de 600m	500m

Fonte: ALEMG (2013).

- No entorno de lagos e lagoas naturais e artificiais, considera-se largura mínima de:

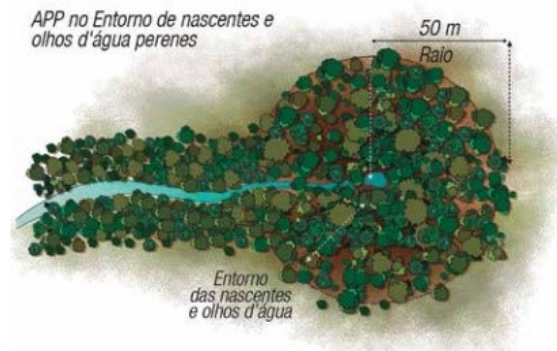
Quadro 2 - Largura da faixa de APP ao redor de lagos naturais e artificiais

CONDIÇÕES DA LAGOA		FAIXA DE APP
Naturais em zona urbana	-	30m
Naturais em zona rural	Superfície de até 1 ha	Não tem APP
	Superfície de 1 ha a 20ha	50m
	Superfície maior que 20 ha	100m
Artificiais por REPRESAMENTO de rios ou riachos naturais	Em zona rural com até 20 ha conforme licença ambiental	Mínimo de 15m Máximo de 50m
	Em zona urbana	15 m
	Outras definidas na licença ambiental	-
Artificiais que NÃO represem rios ou riachos naturais	-	Não tem APP

Fonte: ALEMG (2013).

- No entorno de nascentes e olhos d'água perenes, é definida por raio mínimo de 50 metros para APP, como mostrados na Figura 1.

Figura 1 - Faixa de APP de nascentes e olhos d'água perenes



Fonte: ALEMG (2013).

4.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS

A área de estudo desta pesquisa é uma bacia hidrográfica. Define-se como bacia hidrográfica a delimitação de uma área na superfície terrestre na qual os rios principais e seus afluentes convergem em um único ponto, denominado exutório.

Segundo Tucci (2007), a bacia hidrográfica é considerada como uma área de captação natural da água de precipitação da chuva que converge até o exutório. São ligadas por um conjunto de aspectos relacionados à superfície do solo e de uma rede de drenagem formada pelos cursos hídricos.

As bacias hidrográficas podem subdividir-se em sub-bacias e a microbacias. As sub-bacias são consideradas áreas de escoamento dos afluentes do curso d'água principal. Segundo Cecílio e Reis (2006), as microbacias englobam áreas menores em extensão, geralmente são consideradas como uma pequena porção das sub-bacias. No entanto, não se têm estudos que definam a área máxima que a mesma poderá enquadrar.

As características hidrológicas de uma bacia hidrográfica são determinadas em função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, etc.) e da cobertura vegetal existente (LIMA, 2011).

As características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, o escoamento superficial e subsuperficial. Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também é afetado por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo hidrológico (TONELLO, 2005, p. 9).

4.4 GEOPROCESSAMENTO

O Geoprocessamento é a ciência aplicada em modelos computacionais e matemáticos aplicados à manipulação de dados geográficos. Refere-se a uma tecnologia bastante importante em diversas áreas do conhecimento como cartografia, análise de recursos naturais, geodesia, planejamento ambiental e urbano, dentre outros.

As ferramentas computacionais usados no Geoprocessamento são denominadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG), no qual permite um estudo mais detalhado das informações. Para Santos (2000), o SIG é definido como uma ferramenta apta a solucionar problemas encontrados em um sistema de informação, capaz de solucionar problemas relacionados a áreas de conhecimentos afins. Câmara e Medeiros (1996, p.8) apontaram que a ferramenta SIG “permite realizar análises complexas, ao integrar modelos de dados de diversas fontes e ao criar bancos dados georeferenciados[...] torna ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos”.

“O SIG é empregado na integração e análise de informações provenientes de fontes dispersas, como imagens digitais de satélite, mapas digitais de usos e tipo de solo, topográficos, vegetação, fauna e flora, cartas climatológicas e outros” (LIU, 2007, p. 811).

Jacinto (2003) destacou a grande importância do SIG para estudos e avaliações de impactos ambientais, devido à facilidade de organização de dados espaciais, por ser tratar de uma ferramenta de fácil acesso e possuir baixos custos.

Vale ressaltar a relevância do uso das ferramentas do SIG associado ao Sensoriamento Remoto para a avaliação dos impactos ambientais, facilitando o uso da informação através das imagens geradas, para organização de elementos georreferenciadas, em prol do monitoramento das áreas de estudos.

Conforme Barros Júnior (2000), o uso do sensoriamento remoto e do SIG tem grande significância nos estudos e na preservação dos recursos naturais da terra, permitindo mapear regiões de difícil acesso e facilitar no acompanhamento dos processos dinâmicos voltados a estudos da natureza.

4.5 SENSORIAMENTO REMOTO EM ESTUDOS AMBIENTAIS

“O sensoriamento remoto pode ser definido, de uma maneira ampla, como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo” (ROSA, 2009, p.13).

Existem satélites direcionados a estudos terrestres, estes são destinados a satélites de sensoriamento remoto e monitoramento do meio ambiente. Segundo Rosa (2009), os satélites mais utilizados no Brasil: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICK BIRD, entre outros.

As imagens utilizadas nessa pesquisa são produtos dos sensores a bordo do satélite Landsat. O satélite *Landsat* foi desenhado e lançado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). “A missão do programa Landsat foi proporcionar a aquisição repetitiva de dados multispectrais calibrados, com resolução espacial relativamente alta [...] são os mais longos registros do planeta Terra [...] grande valor para estudos de mudanças globais do planeta” (NOVO, 2010, p.160).

As imagens geradas oriundas do sensoriamento remoto tem grande importância para o controle de fenômenos naturais. “As imagens de satélites, [...] possibilitam o estudo e o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente, como os da atmosfera, do vulcanismo, de erosão do solo, de inundação” (FLORENZANO, 2011, p. 9).

4.6 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Para utilizar as imagens de satélite, nesta pesquisa, foram elaborados alguns processamentos necessários ao seu eficaz aproveitamento.

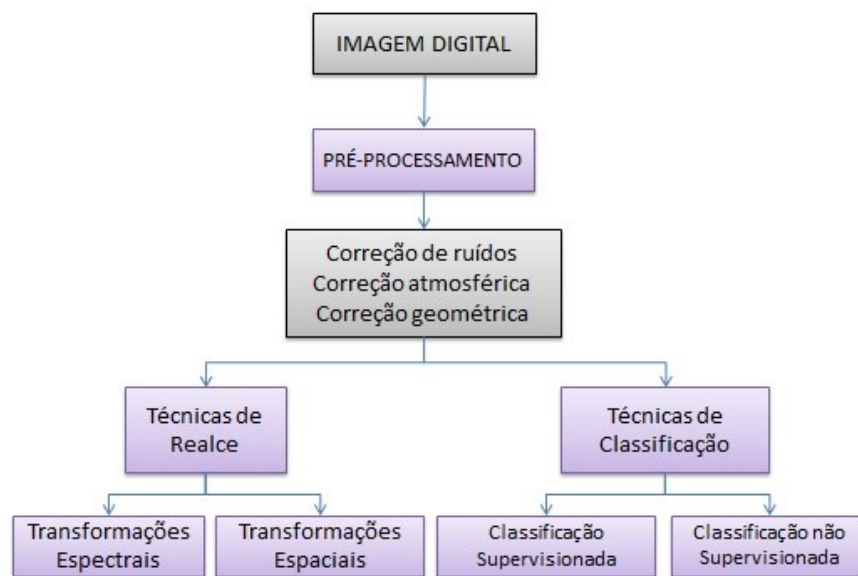
O processamento de imagens é configurado por algoritmos especializados, que disponibiliza para o usuário a aplicação de uma grande variedade de técnicas de processamento. Os algoritmos tratam matematicamente a imagem como um dado diretamente relacionado ao processo físico que o criou. (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p. 82).

O Processamento Digital de Imagens (PDI) está relacionado com as imagens advindas do Sensoriamento Remoto (SR).

Desta forma, o produto gerado através do sensoriamento remoto é bastante utilizado na análise uso e ocupação da terra e cobertura vegetal, confeccionando mapas temáticos com as informações extraídas através das imagens.

Menezes e Almeida (2012) destacaram as principais técnicas de processamento de imagens e os tipos de processamento, mostrados pela Figura 2.

Figura 2 - Técnicas e divisão de processamento de imagens.



Fonte: Adaptado de Menezes e Almeida (2012).

4.6.1 Correção das Imagens

Segundo Rosa (2009), as imagens são captadas por meio do sensoriamento remoto com uma considerável distância da superfície terrestre, sendo assim durante o percurso realizado no processo de aquisição das imagens acontecem obstruções nos sinais, estas obstruções se da por meio do tipo de comprimento das ondas eletromagnéticas, e também por efeitos atmosféricos.

Além disso, levando em consideração a órbita realizada pela Terra, pode ocasionar variações e danos na imagem em que está sendo adquirida.

Segundo Novo (2010), os erros radiométricos são decorrentes de erros dos instrumentos. Os erros geométricos podem ser ocasionados por efeitos adversos, sendo eles:

movimento da órbita terrestre, o que ocasiona falhas nas aquisições das imagens. Os erros atmosféricos são causados interferências da atmosfera, como por exemplo, moléculas de gases presentes.

Desta forma, tendo em vista que os fatores adversos danificam a qualidade da imagem, é necessária a realização das correções, para diminuir ou remover os efeitos. Estas correções são divididas em três partes sendo elas, correção radiométrica e correção geométrica, correção atmosférica.

A mesma autora afirma que as principais razões para a utilização das correções dos efeitos atmosféricas são:

- i. Na necessidade da obtenção de dados da refletância e emitância de dados a serem utilizados em estudo como base empírica ou teórica;
- ii. Quando necessita da utilização computacional para realização de operações aritméticas das bandas;
- iii. Análise temporal dos alvos contidos em imagens de diferentes épocas.

Os principais efeitos da atmosfera sobre as imagens de sensoriamento remoto são a redução do contraste entre os alvos, a redução na possibilidade de detecção de alvos muito pequenos, e a não separação de alvos que representam refletâncias muito próximas (ROSA, 2009, p. 202).

4.6.2 Realce das Imagens

Segundo Florenzano (2011), o realce é o método mais utilizado para melhoramento das imagens, tendo como principal função facilitar estudos relacionados à identificação e classificação dos elementos contidos na imagem.

As principais técnicas empregadas para execução deste procedimento: Aplicação do Contraste, Geração de Composições Coloridas, Filtragem Digital.

“Aplicação de contraste é uma técnica simples e eficiente para destacar objetos e feições. Consiste em expandir a distribuição de dados originais, para todo o intervalo possível, [...] o que aumenta o contraste da imagem” (FLORENZANO, 2011, p. 72).

“A utilização de composições coloridas é fundamentada no fato de que o olho humano é capaz de discriminar mais facilmente matiz de cores do que tons de cinza. [...] comumente

utiliza imagens que já estejam realçadas por ampliação de contraste” (ROSA, 2009, p. 207). Conforme Novo (2010), as imagens originais após o processamento são mantidas inalteradas.

“Filtragem digital é definida como qualquer técnica ou processo de tratamento de imagens que, diferencialmente, modificam o conteúdo da imagem e tendem a enfatizar feições de interesse, [...] suprime outras indesejáveis” (ROSA, 2009, p. 208). Desta forma, existem três tipos de filtros utilizados na aplicação desta técnica, sendo eles: passa-baixa, passa-alta e passa-faixa.

4.6.3 Classificação das Imagens

Rosa (2009, p. 209) definiu a classificação no sensoriamento remoto como: “[...] associação de pontos de uma imagem a uma classe ou grupo; por exemplo, água, cultura, área urbana, reflorestamento, cerrado [...] ou ainda o processo de reconhecimento de classes ou grupos cujos membros exibem características comuns.”

Para Novo (2010), a classificação das imagens é subdividida em classificação supervisionada e não supervisionada. Na classificação não supervisionada, são previamente definidas pelo usuário as categorias de coberturas de terra contidas na imagem, com restrições nos níveis de generalização, em contrapartida a classificação supervisionada restringe na detecção de coberturas de terra previamente conhecidas.

Segundo Menezes e Almeida (2012) a classificação supervisionada necessita de um conhecimento prévio dos aspectos contidos na imagem, ou seja, o que eles representam na superfície terrestre. Nesta classificação existe, previamente, um treinamento do algoritmo que será utilizado, pois os pixels serão classificados e comparados entre si, por meio de similaridade entre as amostras das classes de uso e ocupação da terra contida na imagem. Neste tipo de classificação é muito comum a identificação dos tipos de cobertura da terra contida na imagem.

Existem vários métodos de classificação supervisionada, sendo elas: paralelepípedo, distância mínima, distancia de Mahalanobis, máxima verossimilhança. Dentre eles, o método de máxima verossimilhança é o mais utilizado para a classificação das imagens advindas do sensoriamento remoto.

O classificador supervisionado por máxima verossimilhança, Maxver, é o mais utilizado em sensoriamento remoto. É uma classificação pontual, baseada no valor radiométrico do pixel e nos parâmetros da distribuição Gaussiana de cada uma das classes de treinamento. O mapa obtido por esse classificador, em geral, tem uma aparência ruidosa, visto que o contexto espacial não é considerado (CORREIA *et al.*, 2007, p.118).

4.7 MAPEAMENTO TEMÁTICO

Segundo Rosa (2009), para a elaboração dos mapas temáticos as imagens são advindas dos satélites, este mapeamento é baseado na representação do mundo real. Desta forma, todas as representações estão propícias a erros durante a elaboração do mapa, dentre eles se pode citar: falhas na interpretação das imagens, falha da delimitação das amostras, falhas decorrentes das resoluções das imagens a serem trabalhadas.

O mapeamento do uso e cobertura da terra tem sido um grande desafio no que concerne ao grau de automatização do processo e envolve certa complexidade, pela diversidade de classes e variados níveis de detalhamento que se podem alcançar. A geração de mapas de uso e cobertura da terra depende da adoção de produtos de sensoriamento remoto, de distintos níveis de aquisição, além do uso de técnicas classificatórias e de levantamentos de campo, como etapas essenciais no processo de sua elaboração (CRUZ *et al.*, 2009 apud ABREU; COUTINHO, 2014, p. 174).

Rosa (2009, p.188), definiu a qualidade do mapa temático avaliada em termos de precisão e exatidão. A precisão refere-se ao quanto à área de uma categoria obtida com o mapeamento reflete a verdade no campo”.

Desta forma, surge a necessidade da escolha de um método para a validação dos mapas temáticos a serem elaborados, que serão citados posteriormente.

Florenzano (2011, p.78) definiu a exatidão da classificação da seguinte maneira:

A estimativa da exatidão de uma classificação ou mapeamento gerado manualmente é fundamentada no confronto entre os mapas gerados e as informações provenientes geralmente de trabalhos de campo. É um procedimento necessário para determinar quão confiável é o resultado de uma classificação.

Para a validação e exatidão do mapeamento temático são utilizados métodos estatísticos. Dentre os métodos que podem ser utilizados podem citar: a concordância total, o coeficiente de concordância Kappa e o coeficiente de concordância Tau.

Dentre os métodos citados anteriormente o mais utilizado para validação dos dados é o coeficiente de concordância Kappa, que será utilizado nesta pesquisa. Este coeficiente é

definido como: “A estatística Kappa é um método muito utilizado para avaliar a concordância terrestre entre um mapa temático e a verdade terrestre” (ROSA, 2009, p.191).

Outro autor define o coeficiente Kappa como: “Uma medida de concordância comumente utilizada é a estatística kappa. Essa medida, utilizada para dados categóricos, é definida como a proporção de concordância observada não decorrente do acaso, em relação à máxima concordância não devida ao acaso” (CORREIA *et al.*, 2007, p. 118).

Rosa (2009), afirmou que neste método os dados geralmente são dados são expressos em porcentagem, esta se refere a uma estimativa de erros e acertos que o operador obteve em relação às classes pré-estabelecidas durante a classificação realizada. Os mapas são classificados de acordo com qualidade do índice Kappa em cinco classes:

- i) Ruim são aqueles que possuem valores entre 0% e 20%;
- ii) Razoáveis são aquelas que possuem valores entre 20% e 40%;
- iii) Bom são aqueles que possuem valores entre 40% e 60%;
- iv) Muito bons são aqueles que possuem valores entre 60% e 80%;
- v) Excelente são aqueles que possuem valores entre 80% e 100%.

Nesta pesquisa foi utilizado o coeficiente de concordância Kappa para a validação e avaliação da classificação supervisionada das imagens utilizadas para os mapas de uso e ocupação da terra.

Para a realização do mapa das APP's, nesta pesquisa, foi adotado a hierarquia fluvial através do método de Strahler.

“A hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água no conjunto total da bacia [...] é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos” (CRISTOFOLETTI, 1980, p. 106).

A hierarquia fluvial pode ser aplicada por meio de quatro métodos, sendo eles: de Horton, Strahler, Scheidegger e Shreve.

Segundo Cristofolletti (1980, p. 107), o método de Strahler é definido como:

- ✓ Os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estende-se desde a nascente até a confluência;
- ✓ Os canais de segunda ordem da confluência dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem;
- ✓ Os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem;

- ✓ Os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem podendo receber tributários das ordens inferiores, e assim sucessivamente.

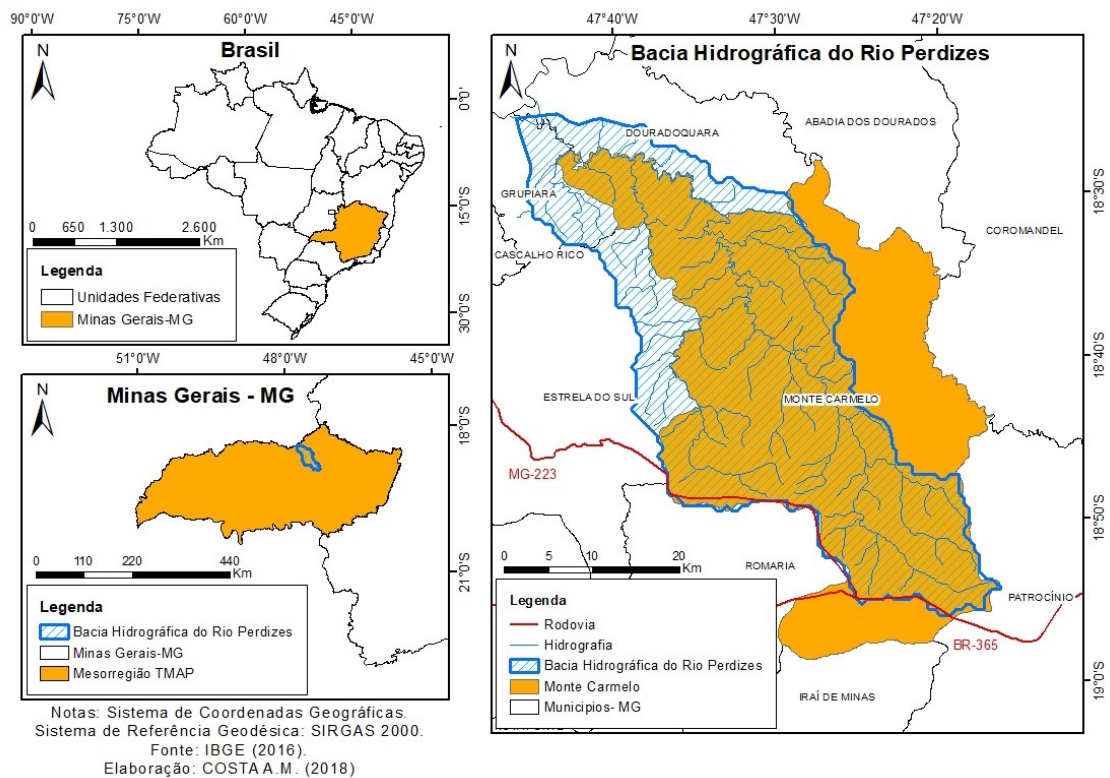
Para Florenzano (2011), o fluxo hidrológico de uma bacia está intimamente ligado com as mudanças relacionadas ocorridas no volume de água que escoam ao longo do canal fluvial, desta forma são diversos fatores que influenciam neste fluxo hidrológico, como o clima, o relevo, a cobertura vegetal entre outros.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa é a Bacia do Rio Perdizes, localizada no Estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Sua área é de aproximadamente 1.228,811 km² (Figura 3).

Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: A autora.

O clima nos municípios pertencentes a essa bacia é predominante tropical seco. “[...] O bioma possui duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. As chuvas concentram-se principalmente entre os meses de outubro a abril, prevalecendo o clima seco nos demais meses” (ASSAD, 1994, *apud* MASCARENHAS; FERREIRA; FERREIRA, 2009, p. 7).

O tipo de solo predominante é o Latossolo, classificação característica de solos velhos, profundos e que sofreram com a ação do intemperismo durante muitos anos e atualmente são solos pobres e ricos em alumínio.

A Bacia do Rio Perdizes localiza-se no bioma Cerrado com diferentes fitofisionomias e grande biodiversidade. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMB), o Cerrado abrange uma área de 2.036.448 km² em todo país, ocupando aproximadamente 22% do território Brasileiro, o mesmo é considerado um dos biomas mais ricos em biodiversidade, porém o mais ameaçado do mundo.

5.2 MATERIAL

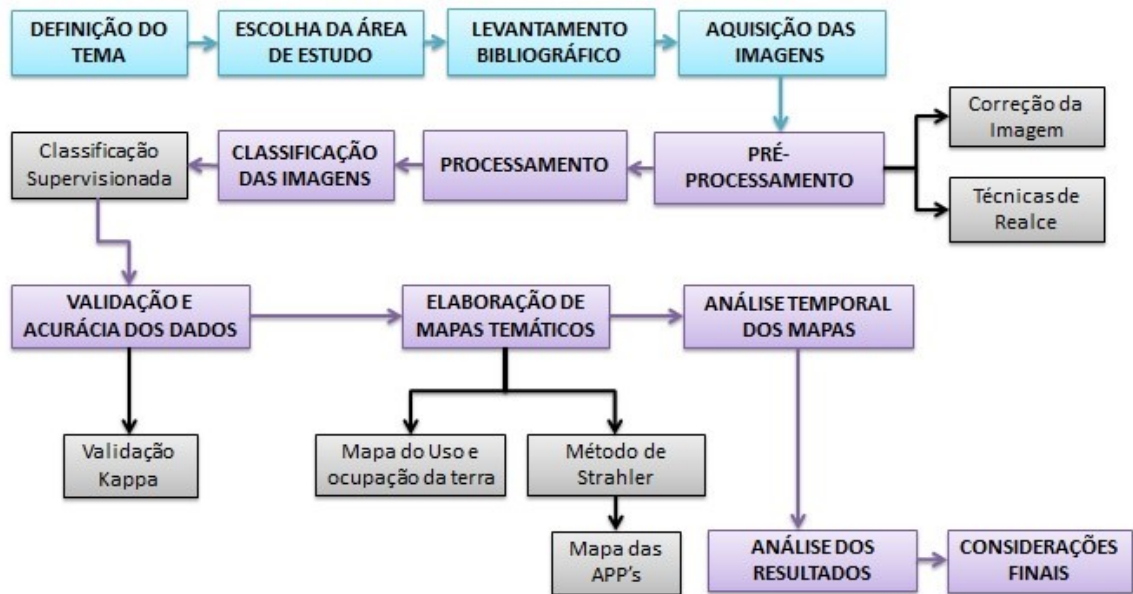
Para a realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- Dados vetoriais (limite da bacia, hidrografia, etc.): obtidos por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE;
- Dados matriciais: as imagens orbitais do satélite *Landsat* obtidas por meio do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE;
- *Software ENVI 5.0*, com licença disponível no laboratório de SIG e Geoprocessamento (SIGEO), situado na Universidade Federal de Uberlândia;
- *Software Arcgis Desktop 10*, com licença disponível no laboratório SIGEO, situado na Universidade Federal de Uberlândia.

5.3 MÉTODOS

Para a elaboração desta pesquisa foram determinadas etapas sequenciais (Figura 4), cujos procedimentos realizados em cada etapa serão descritos, a seguir.

Figura 4 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Elaboração: A autora.

Para a realização desta pesquisa inicialmente foram feitas revisões bibliográficas, tendo como principal finalidade de torná-las fontes de embasamento para o desenvolvimento do estudo em questão.

5.3.1 Aquisição das Imagens

Na aquisição das imagens (dados matriciais), foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 5* e *Landsat 8*, dos anos de 1987 e 2018, respectivamente. A escolha justifica-se pelo fato de serem imagens gratuitas disponibilizadas pelo Instituto Nacionais de Pesquisas Espaciais – INPE.

Quanto aos anos escolhidos para a análise das imagens, estas encontram-se distantes cronologicamente com a finalidade de uma verificação concisa de uso e ocupação da terra e da alteração da paisagem durante o intervalo de tempo de 31 anos.

As imagens utilizadas foram com menor presença de nuvens, a fim de obter uma melhor visualização dos alvos contidos nas mesmas. O Quadro 3 apresenta as datas em que as imagens foram adquiridas, visando a composição da série histórica.

Quadro 3 - Relação de datas da aquisição das imagens

Ano	Data de aquisição da imagem	Órbita / Ponto
1987	15/07/1987	220/73
2018	04/07/2018	220/73

Elaboração: A autora.

5.3.2 Pré-Processamento

Nesta etapa foi utilizado o *software ENVI 5.0*, para a realização do pré-processamento das imagens *Landsat*. Inicialmente, para melhorar o aspecto visual da imagem e facilitar a interpretação dos elementos contidos nela, fez-se necessário à realização da correção atmosférica por meio da ferramenta *flash*, com o intuito de minimizar os efeitos que causam alteração no contraste, distorção nas imagens e diminuição no brilho nas imagens de satélites.

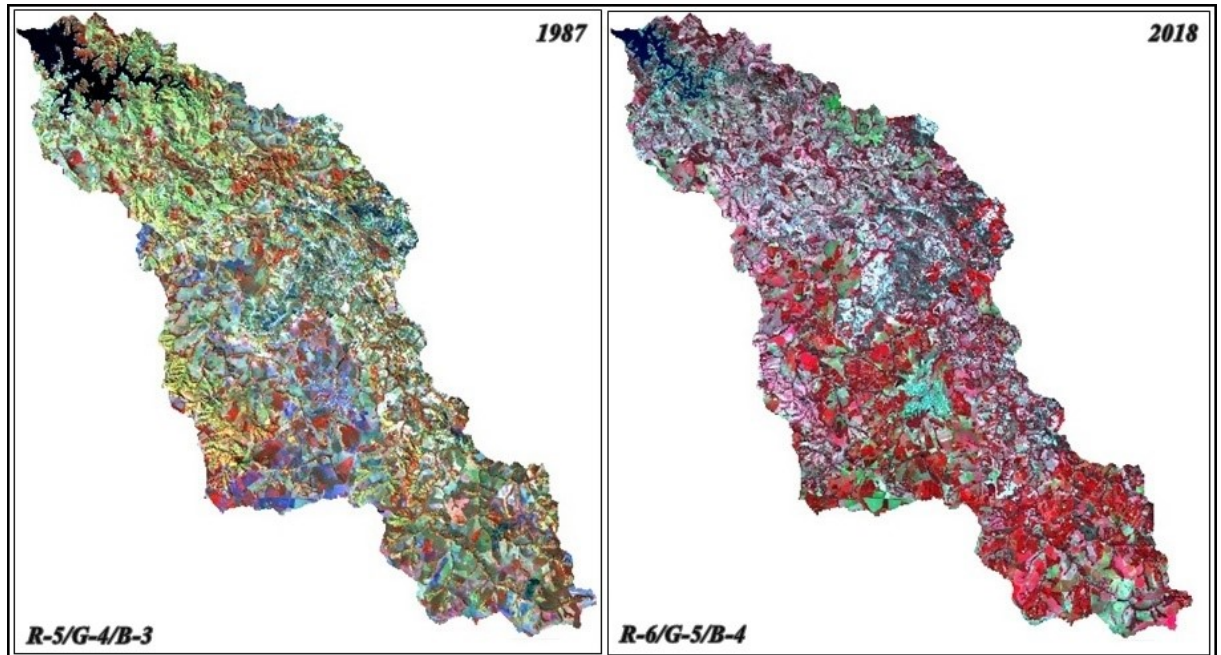
As imagens foram ajustadas para a região delimitada para estudo, com a finalidade também de encontrar pontos homólogos em duas imagens diferentes, ou seja, quanto mais similaridade entre as imagens, maior facilidade na análise mostrando as alterações de forma concisa no ambiente. Neste sentido foi realizada a correção geométrica da imagem do sensor *Landsat 5* que necessitavam dos ajustes de precisão de coordenadas, esta correção foi realizada utilizando o *software ENVI 5.0*, através da ferramenta *Registration: Warp from GCPs Image to Image*.

Após as imagens ajustadas foi efetuada a composição colorida falsa cor, pois é por meio dela que irá combinar três bandas espectrais para formação de uma composição colorida, no qual permite a identificação dos alvos. Este processamento foi realizado no *software Arcgis Desktop 10*, através da ferramenta *Composite Bands*. Nas imagens *Landsat 5* foi utilizada a seguinte composição de bandas: banda 5 (Red-Vermelho), banda 4 (Green-Verde), banda 3(Blue-Azul). Para a imagem *Landsat 8* foram utilizadas as seguintes bandas: banda 6(Red- Vermelho), banda 5 (Green-Verde), banda 4(Blue- Azul).

Para a realização do recorte da área de estudo foi utilizado o *software Arcgis Desktop 10*, com o auxílio do arquivo em formato *shapefile (.shp)* do limite da bacia hidrográfica do rio Perdizes e a ferramenta *Extract by Mask*.

A Figura 5 é representada pelas imagens já recortadas para a área de estudo, com a composição de bandas e georreferenciadas.

Figura 5 – Imagens pré-processadas



Elaboração: A autora.

5.3.3 Processamento das Imagens

Através do uso de ferramentas de processamento digital de imagens do software ENVI 5.0, foi possível realizar a classificação supervisionada da data mais recente (2018), onde foram definidas quatro classes do uso e ocupação da terra (Quadro 4), através do método classificador de Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood Algorithm*).

Para a realização desta classificação, primeiramente o operador escolhe amostras que representaram cada classe de seu interesse para treinamento do software, para que, posteriormente, as áreas de interesse possam ser identificadas através da similaridade entre elas.

Quadro 4 – Classes consideradas para a classificação da imagem

Classe	Descrição	Categorias mapeadas
Área Urbana	Manchas urbanas, com presença de edificações e concentração populacional	Mancha urbana
Água	Reservatórios de águas naturais ou artificiais	Rios, lagos e represas
Agropecuária	Áreas de cultivo agrícola com plantio para fins comerciais ou de consumo. Áreas de pastoreio de animais	Pastagem e Agricultura
Vegetação Nativa	Vegetação de porte pequeno, médio e grande	Vegetação arbórea e Vegetação Campestre

Elaboração: A autora.

5.3.4 Refinamento da Imagem

Após a classificação, para melhorar a imagem classificada e garantir uma boa precisão, fez-se necessário a realização do refinamento na mesma. Tal refinamento foi realizado no *software ENVI 5.0*, através do filtro majoritário, por meio da ferramenta *classification/post classification/majority*. Este filtro tem como finalidade a eliminação ou redução de ruídos na classificação, o que torna a classificação com aspecto visual melhor, pois ‘limpa’ a imagem de pixels isolados que, possivelmente, tenham sido classificados de forma equivocada.

Posteriormente fez-se necessário a realização do refinamento da classificação no *software Arcgis*, por meio da ferramenta *Eliminate*. Esta ferramenta consiste em eliminar as amostras que pequenas que foram classificadas de forma “errada” e substituí-las pelas parcelas equivalentes à realidade.

5.3.5 Validação da Classificação

Após a classificação é necessário a validação da acurácia dos dados, sendo assim, o desempenho do classificador foi avaliado pelo coeficiente de concordância kappa expresso pela Equação 1.

Este classificador consiste em avaliar a concordância entre a veracidade terrestre com o mapa temático, sendo o índice expresso em porcentagem, no que se refere à área do mapa que foi classificada comparada com dados de referência.

Esta validação é realizada através de uma matriz de confusão, para a verificação da probabilidade entre as amostras de representar a mesma categoria no real.

$$k = \frac{N \cdot \sum X_{ii} - \sum X_{i+} \cdot X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} \cdot X_{+i}} \quad (1)$$

Onde:

xii: número total de amostras corretamente classificadas;

xi: número total de amostras que foram classificadas;

x+i: número total de amostras coletadas da classe;

N: número total de amostras.

Para que a classificação seja considerada boa o índice kappa deve ser igual ou superior a 0,85. A Tabela 1, de acordo com Rosa (2009), mostra os valores do índice kappa e sua respectiva classificação.

Tabela 1 - Valores do índice Kappa e concordância da classificação

Índice Kappa (k)	Concordância
0,00 a 0,20	Ruim
0,20 a 0,40	Razoável
0,40 a 0,60	Bom
0,60 a 0,80	Muito Bom
0,80 a 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Rosa (2009).

5.3.6 Hierarquia Fluvial

A imagem de satélite utilizada na pesquisa possui baixa resolução (o que impossibilita a identificação de largura de todos os cursos d'água estudados). Desta forma, para realização da análise das áreas de preservação permanente, ao longo dos cursos hídricos, foi utilizada a hierarquia fluvial, através do método de Strahler.

Este método foi realizado de forma manual e o mesmo consistiu em classificar os rios de acordo com sua ordem e selecionar cada trecho identificado e inserir sua classificação na tabela de atributos. Ao todo, foram identificadas cinco classes hierárquicas ao longo da bacia hidrográfica em estudo.

Esta hierarquia é um dos principais parâmetros morfométricos, que consiste em estabelecer grau e ordem para cursos d'água ao longo da bacia hidrográfica. Com a aplicação desta hierarquia foi possível identificar os canais de primeira ordem, segunda ordem e assim sucessivamente. Através desta identificação é possível identificar os cursos que possuem um maior (ordens superiores) ou menor volume de água (ordens inferiores).

5.3.7 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente

Com o auxílio do *software Arcgis Desktop 10*, foram aplicadas técnicas de geoprocessamento para realização da detecção de impactos ambientais na área de estudo relacionados às APP's. A delimitação destas áreas foi realizada por meio da ferramenta *buffer*, também pelo *software Arcgis*.

Após a identificação das ordens dos cursos d'água e a largura dos mesmos, explicada no item 5.3.6, foram gerados os *buffers* dos rios. A determinação das larguras dos buffers dos rios foi realizada de acordo com sua hierarquia e com análise visual e métrica das imagens de satélite de alta resolução, disponibilizadas pela plataforma Google Earth. Esta etapa foi necessária, devido a necessidade de transformar os vetores da hidrografia da bacia de linhas para polígonos (rios com duas margens).

A delimitação dos buffers, para a hidrografia (polígono) e as APP's, foi realizada através da ferramenta *Analysis tools/proximity/buffer*. A largura utilizada na delimitação das APP's foi de acordo com o Código Florestal Brasileiro, regido pela Lei Federal nº 12.651/2012. O Quadro 5 apresenta as larguras adotadas tanto para os *buffers* dos rios como das APP's e suas respectivas ordens.

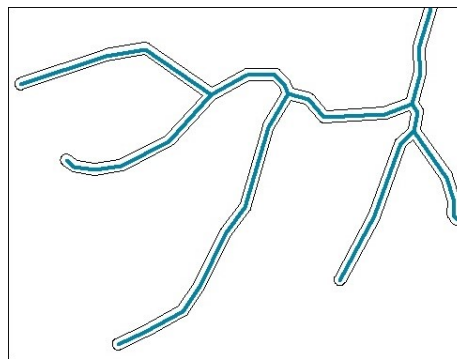
A Figura 6 ilustra a delimitação das APP's mapeadas para os rios de diferentes ordens identificadas.

Quadro 5 – Largura dos *buffers*

Hierarquia Fluvial	Largura do <i>buffer</i> dos rios	Largura do <i>buffer</i> das APP's
1º Ordem	7m	30m
2º Ordem	8m	30m
3º Ordem	9m	30m
4º Ordem	10m	30m
5º Ordem	15m	50m

Elaboração: A autora.

Figura 6 – Buffer das APP's



Elaboração: A autora.

5.3.8 Elaboração dos Mapas Temáticos

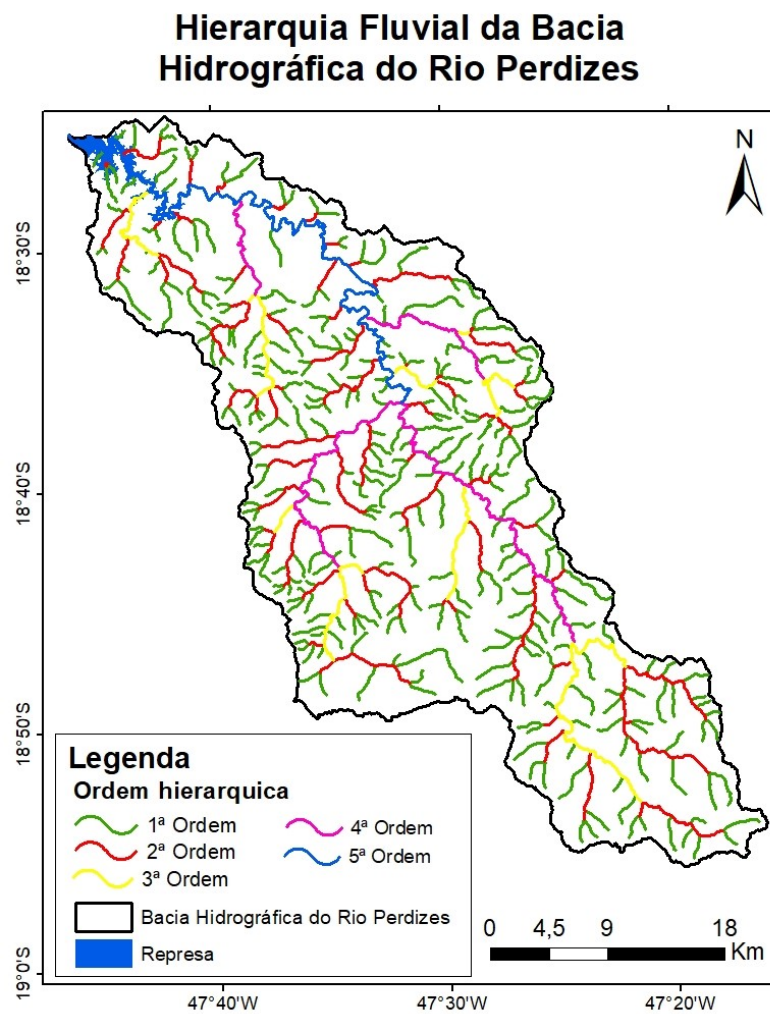
- Mapa da hierarquia fluvial e Mapa de uso e ocupação da terra (2018): a partir dos dados dos cursos d'água hierarquizados e dos polígonos de uso e ocupação da terra (2018), explicados anteriormente, foram elaborados os layouts com o auxílio do *software Arcgis Desktop 10*;
- Mapas de conflito de uso nas APP's (1987 e 2018): para a realização dos mapas de conflito de uso foi realizada a vetorização manual por meio da barra de ferramentas 'Editor' no *software Arcgis Desktop 10*, e identificando os trechos pertencentes a cada classe na tabela de atributos.

Para o cálculo de área dos mapas citados anteriormente, foram calculadas as áreas (em quilômetros) de cada polígono no *software Arcgis Desktop 10*, por meio da ferramenta *calculate geometry*. Após as áreas calculadas foi possível realizar a soma dos polígonos de cada classe por meio da ferramenta *Estatistics*. Por fim, foram gerados gráficos para melhor representação das áreas e para melhor visualização dos resultados.

6 RESULTADOS

A Figura 7 representa o mapa da hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Perdizes.

Figura 7 – Mapa da Hierarquia Fluvial da área de estudo



Notas: Sistema de Coordenadas Geográficas.
Sistema de Referência Geodésica: SIRGAS 2000
Fonte: ANA- Agência Nacional das Águas (2016)
Elaboração: COSTA; A. M. (2019)

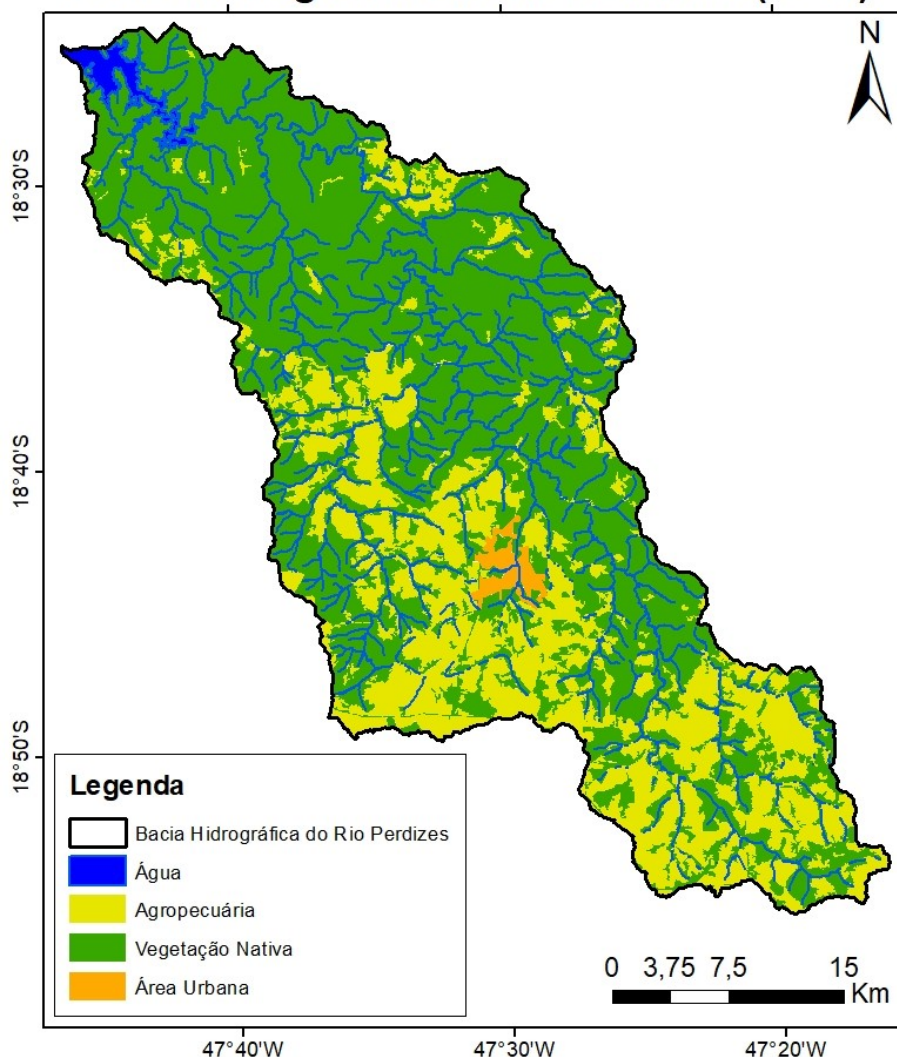
Elaboração: A autora.

• CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM

O valor do índice kappa da classificação da imagem do ano de 2018 utilizada no presente trabalho, foi de **0,8533**, considerado como desempenho excelente. Com a classificação da imagem foi possível mapear quatro diferentes tipos de uso e ocupação da terra presentes na área em estudo: água, vegetação nativa, agropecuária e áreas urbanas, como ilustra a Figura 8.

Figura 8 – Mapa de uso e ocupação da terra em 2018

Mapa de uso e ocupação da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes (2018)



Notas: Sistema de Coordenadas Geográficas.
Sistema de Referência Geodésica: SIRGAS 2000
Fonte: TM/Landsat 8 (04/07/2018) - INPE
Elaboração: COSTA; A.M.(2019)

Elaboração: A autora.

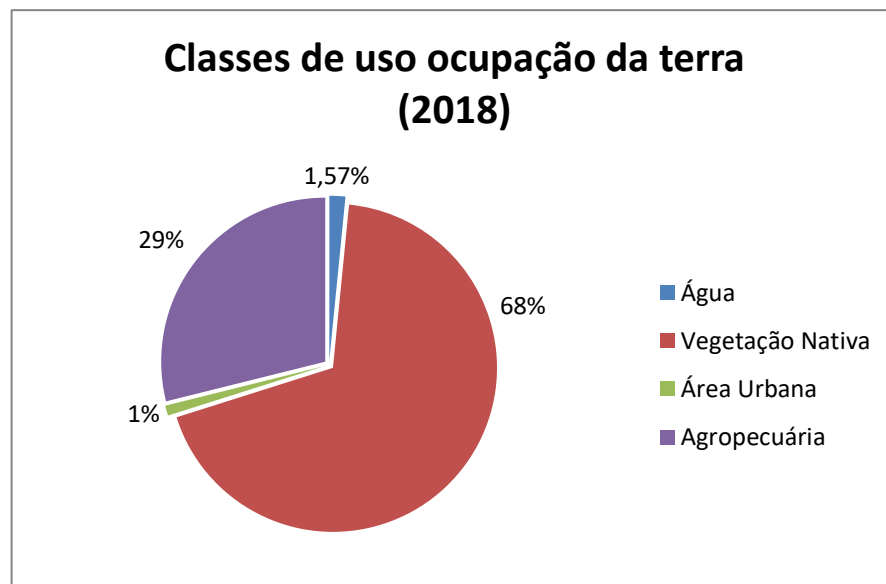
As classes de uso e ocupação da terra, do ano de 2018, foram quantificadas, obtendo-se o percentual correspondente a cada classe, como mostra a Tabela 2 e ilustrada pela Figura 9.

Tabela 2 – Área de uso e ocupação da terra (2018)

Classe	Área (km ²)	Área (%)
Água	19,29	1,57
Vegetação Nativa	842,38	68,55
Área Urbana	12,14	0,99
Agropecuária	355,00	28,89

Elaboração: A autora.

Figura 9 – Gráfico de uso e ocupação da terra (2018)



Elaboração: A autora.

Pela distribuição dos usos da terra na bacia pode-se destacar que a maior parte dela está ocupada por vegetação nativa (68,55%) da área total, a cobertura vegetal é de suma importância para a proteção e conservação da bacia, protegendo o solo contra erosão, e ajudando na infiltração da água no solo.

A área coberta por agropecuária é o segundo maior uso existente na bacia ocupando 28,89%. Vale lembrar que a agropecuária é um dos piores causadores nas perdas do solo. Com o uso de mecanização que diminui a espessura do solo, e também a perda de nutrientes. E o uso de agrotóxicos faz com que haja contaminação do solo e dos lençóis freáticos.

- **CONFLITO DE USO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE**

As áreas de preservação permanente foram delimitadas de acordo com as orientações do Código Florestal Brasileiro regido pela Lei Federal nº 12.651/2012.

No mapeamento do conflito de uso de terra dentro das APP's, foram avaliadas áreas de uso adequado, caracterizadas pelo uso de cobertura vegetal natural, e áreas de uso inadequado (conflito) caracterizadas pelo uso antrópico. Na Tabela 3 são apresentadas as áreas (km²) e as porcentagens para os anos de 1987 e 2018.

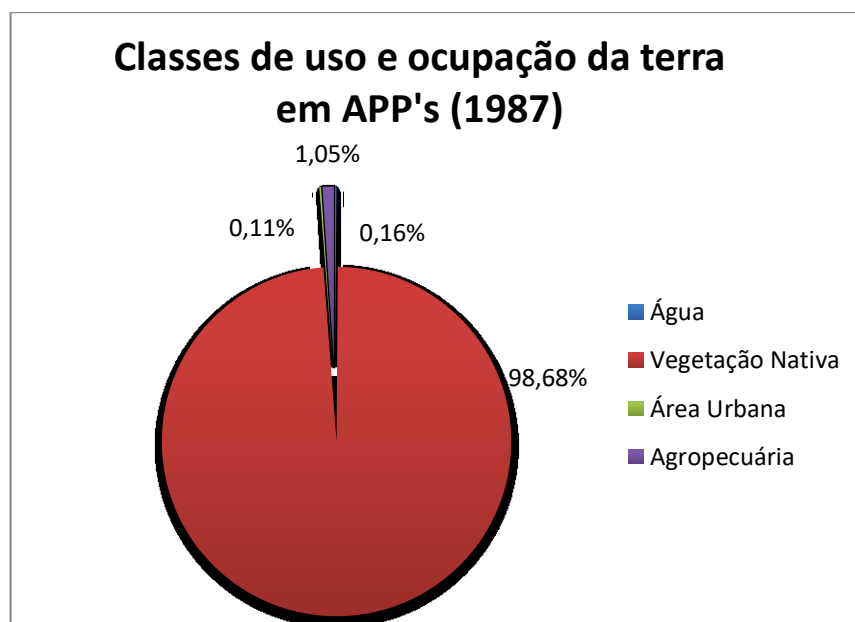
Tabela 3 – Áreas de conflito de uso em APP's dos anos de 1987 e 2018

Classe	1987		2018	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Água	0,12	0,11	0,31	0,29
Vegetação Nativa	104,66	98,68	76,45	72,09
Área Urbana	0,17	0,16	0,28	0,27
Agropecuária	1,10	1,05	29,01	27,35

Elaboração: A autora.

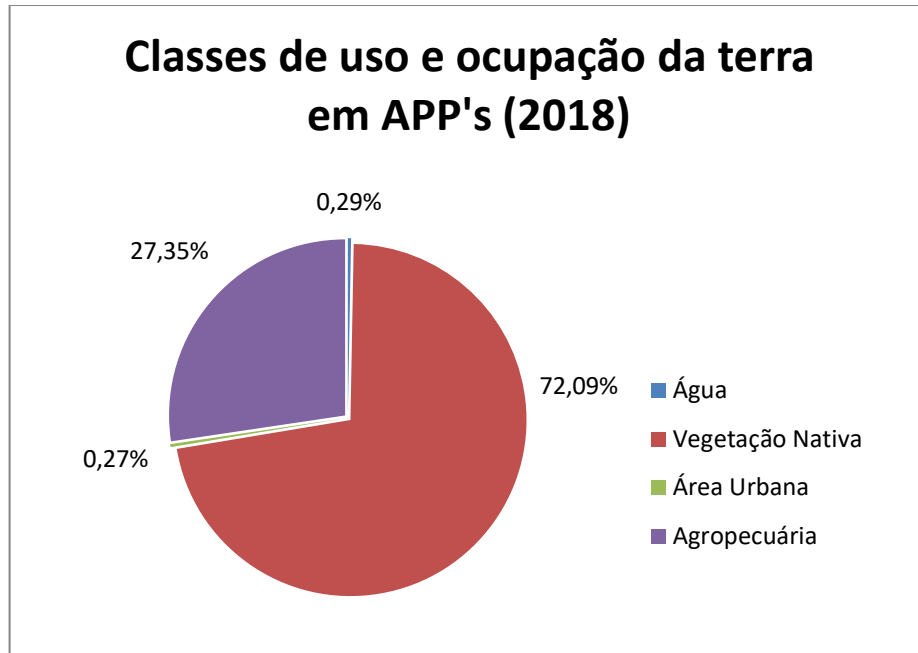
Nas Figuras 10 e 11 são apresentados os gráficos das porcentagens de uso e ocupação da terra das APP's.

Figura 10 – Gráfico de conflito uso e ocupação da terra dentro das APP's (1987)



Elaboração: A autora.

Figura 11 – Gráfico de conflito uso e ocupação da terra dentro das APP's (2018)



Elaboração: A autora.

Para o ano de 1987 verificou-se que as áreas de uso adequado, ocupado por vegetação nativa, correspondem a 98,68% da área total de APP's, o que é de significativa importância para a conservação do solo e da água. A expressiva participação dessa classe na bacia hidrográfica demonstra que estava em bom estado de preservação.

Em contrapartida para o ano de 2018 o uso ocupado por vegetação nativa corresponde a 72%, o que significa a perda expressiva da vegetação, que ocasionam danos no solo e na preservação das APP's.

A água ocupava cerca de 0,11% no ano de 1987, já no ano de 2018 passou ocupar 0,29%.

As áreas de conflito de uso foram consideradas as áreas que sofreram alterações por ações antrópicas, sendo elas, as classes de agropecuária e área urbana.

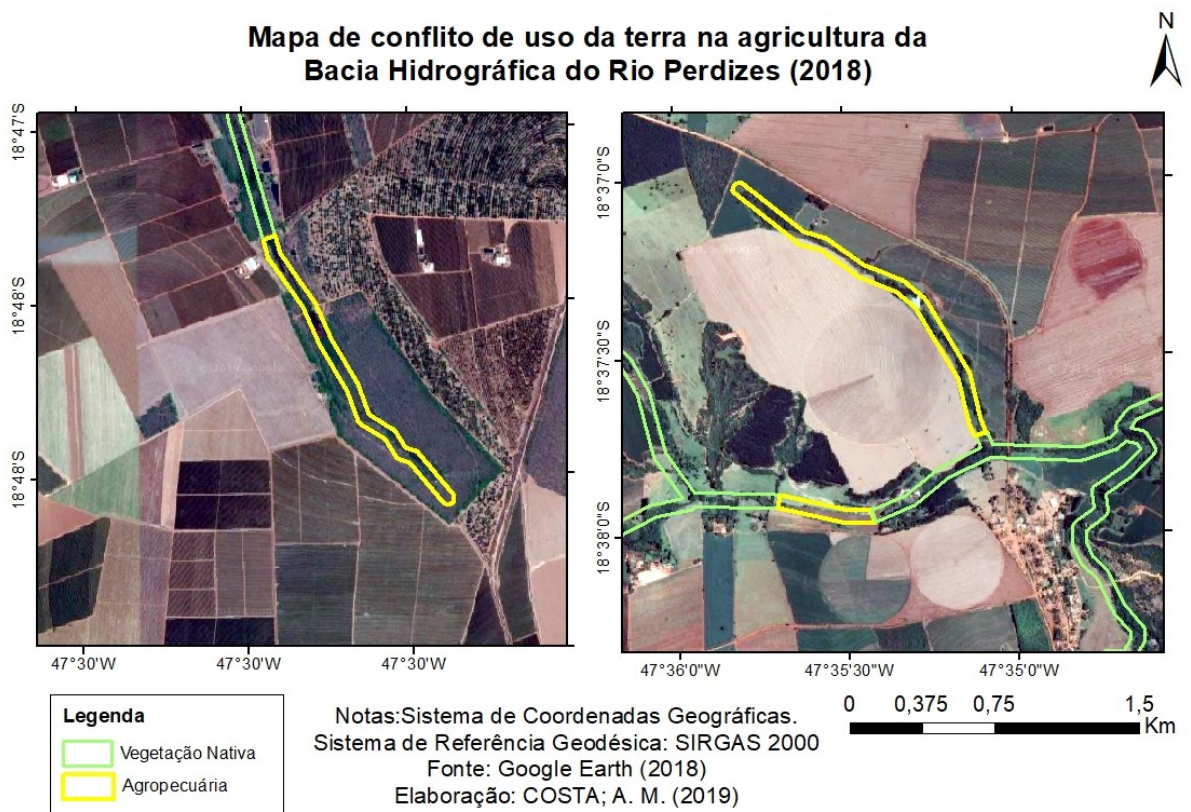
Constatou-se que, no ano de 1987, o uso da agropecuária era muito pouco ocupando apenas 1,04% da área de estudo. Já no ano de 2018 pode-se observar que 28% da área esta sendo usadas de forma inadequada, não obedecendo à legislação ambiental.

Observa-se também que nas APP's do ano de 1987 é ocupada por 0,16% da área por área urbana, aumentando 0,27% para o ano de 2018, o que pode ser observado a tendência

ao crescimento da cidade. Apesar de a mudança ser muito pequena, também afeta as APP's não sendo cumprida a legislação. Segundo o censo demográfico do IBGE a população de Monte Carmelo-MG no ano de 1987 a população era de 31.878 habitantes, e a população segundo o censo de 2010 a população estimada para o ano de 2018 é de 47.682 habitantes. Com o aumento da população, justifica-se o crescimento da área urbana.

Na Figura 12 foi utilizada imagem disponibilizada pela Digital Globe/Google Earth, que possui alta resolução, para ilustrar alguns dos principais conflitos de uso das APP's pela agropecuária.

Figura 12 – Áreas de conflito de uso da agropecuária em APP's no ano de 2018



Elaboração: A autora.

Durante 31 anos, intervalo de tempo entre as datas das imagens em estudo, pode-se observar que a vegetação nativa diminuiu 26,60% em APP's da bacia. Tal redução resultou de um aumento da classe agropecuária de 26,30%.

A Tabela 4 mostra a alteração (redução ou aumento) dos conflitos de uso e ocupação da terra, nas APP's, entre os anos de 1987 e 2018.

Tabela 4 – Alterações das classes de uso e ocupação da terra em APP's de 1987 a 2018

Classe	Diferença (%)
Água	-0,18
Vegetação Nativa	26,60
Área Urbana	-0,11
Agropecuária	-26,31

Elaboração: A autora.

Considerando-se a bacia hidrográfica em estudo, com sua maior parte inserida no município de Monte Carmelo, podem-se verificar as alterações ocorridas em números expressos pelo censo agropecuário do município.

Segundo os dados do censo agropecuário do IBGE (2006) de Monte Carmelo o qual abrange grande parte da bacia em estudo (Tabela 5), no ano de 2006 as lavouras permanentes ocupavam uma área de 151,21 km² e as temporárias 157,2 km². Em contrapartida no ano de 2017 pode-se observar um aumento da área de expansão agrícola e uma diferença na ocupação, as lavouras permanentes passaram a ocupar 205,53 km² e as temporárias 136,57 km² (IBGE, 2017).

Com relação aos plantios florestais (Tabela 6), no ano de 2006 ocupavam uma área de 2,98 km² (IBGE, 2006). Destaca-se a sua acentuada expansão, que em pouco mais de uma década aumentou sua área plantada em aproximadamente cinco vezes, chegando a ocupar uma área de 16,32 km² no ano de 2017. A mesma tendência de crescimento pode ser observada para as pastagens cultivadas mostrados na Tabela 7, que aumentaram de 299,67 km² para 314,48 km² em igual período. (IBGE, 2017).

Em contrapartida, a situação inversa ocorre com a vegetação nativa presente na área. As pastagens naturais reduziram a sua área de forma considerável, de 201,77 km² para 60,69 km² do ano de 2006 a 2017. As áreas destinadas a APP's tiveram a redução de 156,30 km² para 150,25 km² no período analisados para os demais estratos vegetais (IBGE, 2006).

Tabela 5 – Dados do Censo agropecuário IBGE - Lavouras

LAVOURAS	2006	2017
Permanentes	15.121	20.553,50
Temporárias	15.720	13.657,16

Elaboração: A autora.

Tabela 6 – Dados do Censo agropecuário IBGE – Matas Florestais

MATAS E FLORESTAS	2006	2017
Florestas plantadas	298	1.632,36
Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	15.630	15.024,63
Naturais (exceto aquelas destinadas APP's)	2.074	1.043,11

Elaboração: A autora.

Tabela 7 – Dados do Censo agropecuário IBGE – Pastagens

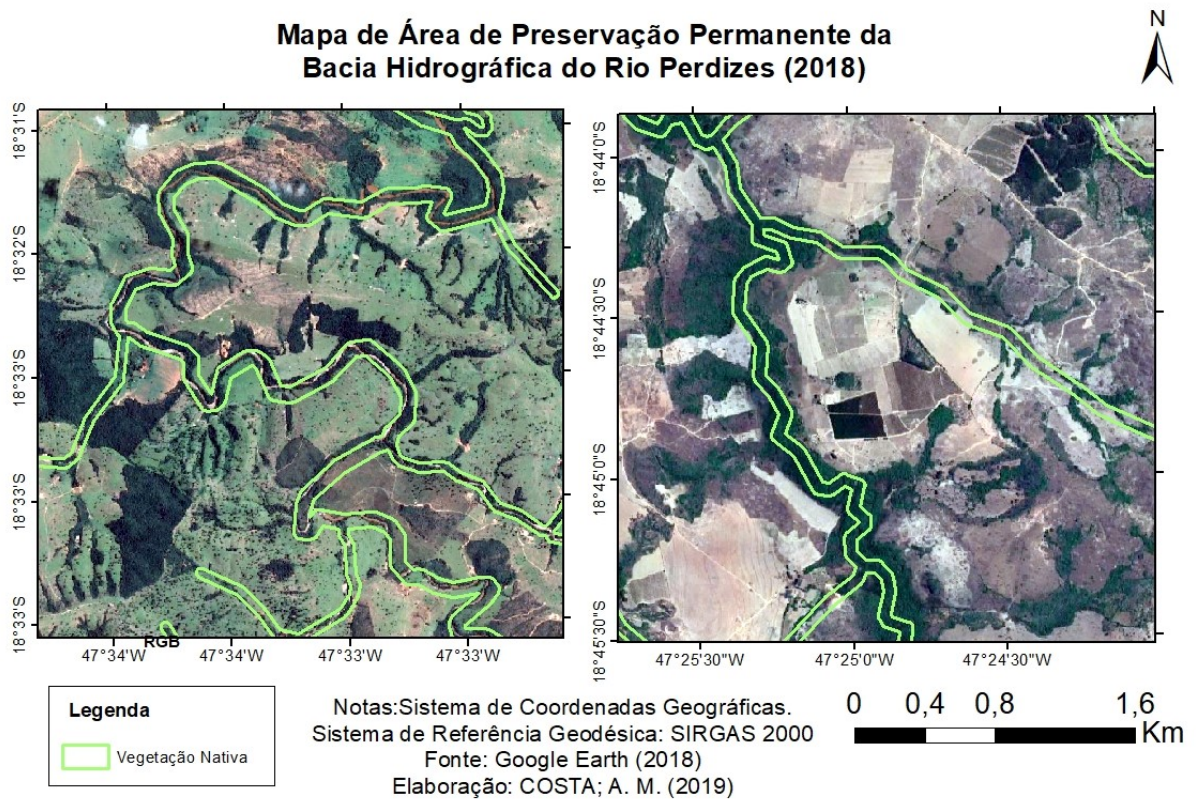
PASTAGEM	2006	2017
Naturais	20.177,00	6.068,59
Plantadas	29.967,00	31.447,84

Elaboração: A autora.

- **ÁPP'S PRESERVADAS NA BACIA**

Embora tenha sido observado um aumento significativo nos conflitos de uso e ocupação da terra, onde as áreas APP's sofreram intervenção antrópica e uma parcela foi transformada em áreas de agropecuárias. No entanto, ainda é possível observar, na Figura 13 (imagem do ano de 2018), que ainda existe percentualmente muitas APP's preservadas na bacia de estudo. Essas áreas são responsáveis pela manutenção da vazão dos cursos d'água, abrigo de inúmeras espécies da fauna e da flora o que proporciona uma manutenção da sua diversidade.

Figura 13 – Área de Preservação Permanente Preservada no ano de 2018



Elaboração: A autora.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas de preservação permanente dos cursos d'água, dentre outros, são de fundamental relevância para a manutenção da qualidade dos recursos naturais presentes nas bacias hidrográficas brasileiras. Neste sentido, se faz necessário e urgente o monitoramento do uso e proteção dessas áreas, frente à já instaurada e crescente ocupação humana nos ambientes naturais.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi delimitar e avaliar os conflitos de uso e ocupação da terra, em áreas de preservação permanente, dos cursos d'água pertencentes à bacia hidrográfica do rio Perdizes – MG, no período de 31 anos, por meio de imagens do satélite *Landsat*. Diante disso, pode-se concluir que o estudo conseguiu atingir este objetivo, pois, através dos mapeamentos realizados foi possível identificar as alterações de uso

ocorridas nas APP's gerando impactos ambientais à bacia hidrográfica, causados pelo não cumprimento da legislação ambiental.

Com os métodos utilizados para o mapeamento de conflito de uso e ocupação da terra, pode-se concluir que as técnicas de sensoriamento remoto, processamento digital de imagens e geoprocessamento são de extrema importância para a análise temporal de impactos ambientais em bacias hidrográficas. As técnicas adotadas para a delimitação das APP's foram importantes no sentido de permitir a delimitação das faixas de distâncias dos cursos d'água, mesmo sem acesso a imagens de alta resolução da área estudada, especialmente, de datas mais antigas. Assim, os procedimentos realizados mostraram-se eficientes e permitiram constatar como tais ferramentas são importantes e auxiliam na elaboração de mapeamentos eficazes para o desenvolvimento do estudo proposto.

Nota-se a falta de preservação e o não cumprimento da legislação referente ao uso e ocupação da terra em APP's de vários cursos d'água da área de estudo, como por exemplo, o Rio Perdizes, Rio Paranaíba, Córrego Mumbuca, Córrego Santa Barbara, Córrego Bambus, Córrego do Barreiro, Córrego dos Troncos, Córrego do Lambari dentre outros. Desta forma, pode-se observar que as classes que foram mapeadas tiveram modificações ao longo do tempo, que impactaram na preservação destas áreas. Notou-se que as atividades agropecuárias tiveram um aumento expressivo de 26,30% e a área urbana teve um aumento de 0,11%. A partir dos valores encontrados e as condições de conflito verificadas nas APP's dos cursos d'água da bacia do rio Perdizes, percebe-se a necessidade do cumprimento da legislação ambiental, respeitando-se a preservação da vegetação nativa dentro das medidas exigidas por lei, para que os impactos ambientais causados sejam minimizados e melhore a qualidade dos recursos naturais desta área, principalmente da água e do solo.

Como recomendações para estudos futuros, indica-se que sejam realizadas avaliações temporais com maior frequência para que se possa monitorar e analisar os avanços no uso indevido de APP's nesta área e, consequentes impactos ambientais na bacia hidrográfica, além de propor medidas preventivas e conscientização de todos os agentes envolvidos.

REFERÊNCIAS

ABREU, K. M. P.; COUTINHO, L. M. **Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo da Vegetação com Ênfase em Índice de Vegetação e Métricas da Paisagem**. Campos dos Goytacazes – RJ: [s. n.], 2014.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Divisões Hidrográficas do Brasil**. Disponível em: http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copy_of_divisoes-hidrograficas Acesso em: 08 maio 2018.

ALEMGO. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. **Cartilha sobre a nova lei florestal de Minas Gerais (2013)**. Disponível em: http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/set_14_69.pdf Acesso em: 18 maio 2018.

BARROS JÚNIOR, E. **Avaliação multitemporal da atividade antrópica na região de Santa Luzia-PB com o uso de geoprocessamento**. 2000. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba Campus de Areia (UFPB/CCA/DSER).

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6.ed. São Paulo: Ícone, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acesso em: 15 maio 2018.

BRASIL, **Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651/2012)**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm Acesso em: 13 abr. 2018.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos - SP: INPE, 1996.

CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006.

CORREIA, V. R. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; WERNECK, G. L. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, p.1015-1017, 23 maio 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v23n5/04.pdf> Acesso em: 01 jun. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais técnicos em geociências, Manual Técnico de Uso da Terra**, n.7, 2ª ed., 91p. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv32440.pdf> Acesso em: 12 jun. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/monte-carmelo/pesquisa/24/76693?ano=2017-preliminar> Acesso em: 07 jun. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/monte-carmelo/panorama>. Acesso em: 07 jun. 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3 ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia – Conceitos e tecnologias atuais**. 2 ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GOMES, A. R.; OLIVEIRA, P. E.; SAAD, A. R.; SANCHES, R. C. Análise multitemporal utilizando imagens CBERS-2 e LANDSAT-TM no entorno da represa dos rios Jaguari e Jacareí. São Paulo. **Anais[...]** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 2009.

JACINTHO, L. R. de C. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP**. 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 2003.

LIMA, Letícia. **Implementação de um modelo hidrológico distribuído na plataforma de modelagem dinâmica EGO**. 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Editora UNIDERP, 2007. v. 1.

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**. 2009. 14 f. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n1/v21n1a01> Acesso em: 01 jun. 2018.

MENESES P. R.; ALMEIDA T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: CNPQ, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8> Acesso em: 10 jun. 2018.

MOURA, A. C. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2 ed. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2003.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado> Acesso em: 03 maio 2018.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

SANTOS, E. T. **Caracterização ambiental da alta bacia do rio Aquidauana-MS e identificação dos impactos do uso do solo na qualidade dos recursos hídricos**. 2000. 132

f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

SCHÄFFER, W. B.; Rosa, M. R.; Aquino, L. C. S.; MEDEIROS, J. D. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra?** Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: MMA, 2011.

THOMÉ, R. **Interoperabilidade em geoprocessamento conversão entre modelos conceituais de sistemas de informação geográfica e comparação com o padrão open GIS.** 1998. 201f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1998.

TONELLO, K. C. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG.** 2005. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 4 ed. ABRH, 2007.