

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**VIVIANE DA SILVA OLIVEIRA**

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA O MONITORAMENTO  
AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: O CASO DO PARQUE  
ESTADUAL DOS PIRINEUS E DA APA DOS PIRINEUS**

**São Gabriel  
2018**

**VIVIANE DA SILVA OLIVEIRA**

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA O MONITORAMENTO  
AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: O CASO DO PARQUE  
ESTADUAL DOS PIRINEUS E DA APA DOS PIRINEUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Dr<sup>a</sup>. Aline Biasoli Trentin

**São Gabriel  
2018**

---

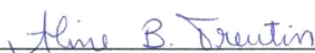
VIVIANE DA SILVA OLIVEIRA

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA O MONITORAMENTO  
AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: O CASO DO PARQUE  
ESTADUAL DOS PIRINEUS E DA APA DOS PIRINEUS**

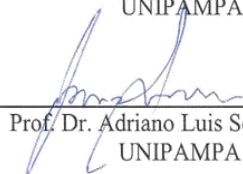
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Florestal da  
Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título de  
Bacharel em Engenharia Florestal.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 23 de novembro de 2018.

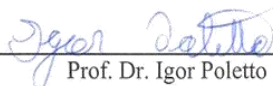
Banca examinadora:



Prof.ª Dr.ª Aline Biasoli Trentin  
Orientador  
UNIPAMPA



Prof. Dr. Adriano Luis Schünemann  
UNIPAMPA



Prof. Dr. Igor Poletto  
UNIPAMPA

Dedico este trabalho aos meus pais, Francisco e Juçara. Sem vocês, nada disso seria possível. Eu amo muito vocês.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por ser essencial em minha vida, por ter me dado força, determinação, sabedoria e saúde durante toda esta longa caminhada.

Aos meus pais, Francisco e Juçara, pelo amor e carinho, pelo apoio em todos os momentos da minha vida, pelo esforço que fizeram para concretização dessa conquista e por serem exemplos de honestidade, caráter e humildade para mim.

Aos meus irmãos Nilcilene, Nilcia e Gesiel, pelo amor, carinho, amizade e por estarem sempre presentes.

Á Samara, pela amizade de irmã, pelo carinho, incentivo e ajuda em todos os momentos.

Á professora e orientadora Aline Biasoli Trentin, pelos ensinamentos, pelo apoio e dedicação na orientação deste trabalho.

As queridas, professoras Silviana Rosso, Nirlene Cechin, Silvane Vestena, Bruna Denardin e Alexandra Boligon pelos ensinamentos, disponibilidade e auxílio quando precisei.

A todos que contribuíram de alguma forma para essa conquista, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

As Unidades de Conservação (UCs) são territórios de extremo valor para a conservação dos ecossistemas e, conseqüentemente, para a manutenção do bem estar e qualidade da vida humana. Porém, frequentemente essas áreas estão sujeitas a pressões e ameaças diversas, que colocam os seus objetivos em risco. Diante disso, geotecnologias como o geoprocessamento e sensoriamento remoto, apresentam-se como ferramentas úteis a serem utilizadas no monitoramento de atividades antrópicas e seus impactos ambientais em UCs. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar processos de mudanças temporal e espacial, na dinâmica de uso e cobertura da terra, da Área de Proteção Ambiental dos Pirineus (APA Pirineus) e Parque Estadual dos Pirineus (PEP), utilizando imagens de satélite e integrando características ambientais por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Os procedimentos metodológicos consistiram na realização do mapeamento do uso e cobertura da terra a partir de imagens dos satélites RapidEye e ResourceSat-2, utilizando a classificação supervisionada MAXVER. A partir dos mapas de uso e cobertura da terra e com auxílio de focos de calor, realizou-se a identificação de cicatrizes de incêndios para cada período de estudo. Considerando-se que o tipo de uso e cobertura da terra e as condições meteorológicas apresentam grande influência na incidência de incêndios, fez-se a integração e correlação dos referidos dados com ocorrência de incêndios nas UCs. Os mapas de risco de incêndios de acordo com as características do relevo, foram obtidos por meio de informações extraídas a partir do Modelo Digital do Terreno/TOPODATA e os mapas da ocorrência de cicatrizes de incêndios na área da APA Pirineus e do PEP, de acordo com a declividade e orientação de vertentes foram obtidos utilizando-se a ferramenta de análise LEGAL. Os resultados da análise espacial e temporal de uso e cobertura da terra, demonstraram a predominância da classe savânica/campestre em todos os anos de estudo, exceto para 2017, no PEP. Com base nas expansões e reduções de área das classes, as diferenças se deram principalmente com o declínio da classe savânica/campestre em ambas as UCs, possivelmente devido ao aumento da classe cicatrizes de incêndios. As cicatrizes de incêndios com diferentes áreas de abrangência ficaram perceptíveis por meio da análise temporal, a qual evidenciou a expansão destas nas UCs ao longo do período avaliado. A análise da relação entre dados meteorológicos e de uso e cobertura da terra com a incidência de incêndios nas UCs, comprovaram que as cicatrizes de incêndios registradas, tiveram relação com as condições meteorológicas e com o tipo de uso e cobertura da terra. O mapeamento de risco representou espacialmente os níveis de risco de incêndios nas UCs, a partir dos quais se pode identificar as áreas prioritárias para ações preventivas a ocorrência desses eventos. Portanto, constatou-se a alta eficiência das geotecnologias, tanto no monitoramento da dinâmica do uso e da cobertura da terra das UCs, quanto no fornecimento de dados e informações que podem auxiliar na detecção, monitoramento e prevenção de incêndios nessas áreas.

**Palavras-Chave:** Geotecnologias, uso e cobertura da terra, incêndios.

## ABSTRACT

The Conservation Units (UCs) are territories of extreme value for the conservation of ecosystems and, consequently, for the maintenance of the welfare and quality of human life. However, these areas are often subject to various pressures and threats, which put their goals at risk. Therefore, geotechnologies such as geoprocessing and remote sensing, are useful tools to be used in the monitoring of anthropic activities and their environmental impacts in UCs. Thus, the objective of this work was to analyze processes of temporal and spatial changes, in the dynamics of land use and cover, of the environmental protection Area of the Pirineus (APA pirineus) and the Pireneus State Park (PEP), using satellite images and integrating environmental characteristics by means of remote sensing techniques and geoprocessing. The methodological procedures consisted of mapping the land use and cover from images of the RapidEye and ResourceSat-2 satellites using the MaxVer supervised classification. From the maps of land use and cover and with the aid of heat foci, fire scars were identified for each study period. Considering that the type of land use and coverage and meteorological conditions have a great influence on the incidence of fires, the integration and correlation of the aforementioned data with the occurrence of fires in the UCs was made. The fire hazard maps according to the characteristics of the relief were obtained by means of information extracted from the Digital Terrain Model/Topodata and the maps of the occurrence of fire scars in the area of APA Pirineus and PEP, according to the slope and orientation were obtained using the LEGAL analysis tool. The results of spatial and temporal analysis of land use and coverage demonstrated the predominance of the savanic/grassland class in all years of study, except for 2017, in the PEP. Based on expansions and reductions in the class area, the differences were mainly due to the decline of the savanic/grassland class in both UCs, possibly because of the increase in the fire scars grade. The fire scars with different areas of coverage were perceptible through the temporal analysis, which evidenced the expansion of these in the UCs over the evaluated period. The analysis of the relationship between meteorological data and land use and cover with the incidence of fires in the UCs showed that the recorded fire scars were related to the weather conditions and the type of land use and cover. The risk mapping represented spatially the levels of risk of fires in the UCs, from which one can identify the priority areas for preventive actions the occurrence of these events. Therefore, it was observed the high efficiency of geotechnologies, both in the monitoring of the dynamics of land use and coverage of UCs, and in the provision of data and information that can assist in the detection, monitoring and prevention of fires in these areas.

**Keywords:** Geotechnology, use and land cover, fires.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas espectrais de reflectância de alguns alvos naturais, em função do comprimento de onda. ....	18
Figura 2 - Mapa de localização da Área de Proteção Ambiental dos Pirineus (APA Pirineus) e do Parque Estadual dos Pirineus (PEP). ....	34
Figura 3 - Fluxograma da metodologia de desenvolvimento do trabalho. ....	36
Figura 4 - Mapa de uso e cobertura da terra da APA Pirineus e PEP, localizados no estado de Goiás, no ano de 2013 ....	43
Figura 5 - Mapa de uso e cobertura da terra da APA Pirineus e PEP, localizados no estado de Goiás, no ano de 2015 ....	44
Figura 6 - Mapa de uso e cobertura da terra da APA Pirineus e PEP, localizados no estado de Goiás, no ano de 2017 ....	45
Figura 7 - Recorte do mapa de uso e cobertura da terra evidenciando cicatrizes de incêndios no ano de 2015 na APA Pirineus e PEP (A) e Distribuição espacial dos focos de calor registrados na APA Pirineus e PEP em 2015 (B). ....	50
Figura 8 - Recorte do mapa de uso e cobertura da terra evidenciando cicatrizes de incêndios no ano de 2017 na APA Pirineus e PEP (A) e Distribuição espacial dos focos de calor registrados na APA Pirineus e PEP em 2017 (B). ....	51
Figura 9 - Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperatura máxima e número de focos de calor na APA Pirineus e PEP em 2013. ....	52
Figura 10 - Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperatura máxima e número de focos de calor na APA Pirineus e PEP em 2015. ....	53
Figura 11 - Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperatura máxima e número de focos de calor na APA Pirineus e PEP em 2017. ....	54
Figura 12 - Mapa de risco de incêndio de acordo com a declividade do terreno na área da APA Pirineus e PEP. ....	56
Figura 13 - Mapa de risco de incêndio de acordo com orientação de vertentes na área da APA Pirineus e PEP. ....	57



Figura 14 - Mapa da ocorrência de cicatrizes na área da APA Pirineus e PEP de acordo com a declividade.....	59
Figura 15 - Mapa da ocorrência de cicatrizes na área da APA Pirineus e PEP de acordo com a orientação de vertentes... ..	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de Unidades de Conservação no Brasil (2018). .....	26
Tabela 2 - Bandas utilizadas, órbita/ponto e data das imagens. ....	37
Tabela 3 - Descrição das classes temáticas utilizadas no mapeamento de uso e cobertura da terra da APA Pirineus e PEP.....	38
Tabela 4 - Classes de perigo de incêndio florestal de acordo com a declividade .....	40
Tabela 5 - Classes de perigo de incêndio florestal de acordo com a orientação de vertentes .	42
Tabela 6 - Quantificação das classes de uso e cobertura da terra na APA Pirineus nos anos de 2013, 2015 e 2017. ....	45
Tabela 7 - Quantificação das classes de uso e cobertura da terra no PEP nos anos de 2013, 2015 e 2017... ..	47
Tabela 8 - Expansão e redução de áreas das classes de uso e cobertura da terra na APA Pirineus entre os períodos de 2013-2015, 2015-2017 e 2013-2017, na APA Pirineus... ..	48
Tabela 9 - Expansão e redução de áreas das classes de uso e cobertura da terra entre os períodos de 2013-2015, 2015-2017 e 2013-2017, no PEP.....	49
Tabela 10 - Área da APA Pirineus e PEP por classe de risco de acordo com a declividade... ..	56
Tabela 11 - Área da APA Pirineus e PEP por classe de risco de acordo com a orientação de vertentes.....	58
Tabela 12 - Distribuição da percentagem de área de cicatrizes identificadas na APA Pirineus e PEP por classes de declividade .....	59
Tabela 13 - Distribuição da percentagem de área de cicatrizes identificadas na APA Pirineus e PEP por classe de orientação de vertentes.....	60

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características das bandas espectrais e resoluções do satélite RapidEye, sensor REIS. ....	21
Quadro 2 - Características das bandas espectrais e resoluções do satélite ResourceSat-2, sensor LISS III. ....	22

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

APA – Área de Proteção Ambiental

AWiFS - *Wide-Field*

BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

DETER – Detecção de Desmatamento em Tempo Real

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ISRO – *Indian Space Research Organisation*

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IVM – Infravermelho médio

IVP – Infravermelho próximo

LISS – *Linear Imaging-Self Scanner*

LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico

MDE – Modelo Digital do Terreno

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MaxVer – Máxima VerossimilhançaSNUC

PDI – Processamento Digital de Imagens

PEP – Parque Estadual dos Pirineus

REM – Radiação Eletromagnética

REIS - *RapidEye Earth Imaging System*

RGB – Red, Green e Blue

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SEUC – Sistema Estadual de Unidades de Conservação

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SPRING – Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas

UC – Unidade de Conservação

ZA – Zona de Amortecimento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 Objetivos .....	15
1.1.1 Objetivo geral .....	15
1.1.2 Objetivos específicos .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
2.1 Geoprocessamento .....	16
2.1.1 Sensoriamento remoto.....	17
2.1.1.1 Aquisição de dados de Sensoriamento Remoto .....	19
2.1.1.2 Os satélites RapidEye e ResourceSat-2.....	20
2.1.2 Processamento Digital de Imagens (PDI) .....	23
2.2 Unidades de Conservação .....	25
2.2.1 Parque Estadual dos Pirineus (PEP).....	27
2.2.2 Área de Proteção Ambiental (APA Pirineus).....	28
2.3 Uso e cobertura da terra .....	28
2.4 Incêndios florestais .....	30
2.4.1 Incêndio florestais em Unidades de Conservação (UCs).....	31
2.4.2 Comportamento espectral das cicatrizes de incêndios .....	32
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
3.1 Área de estudo.....	34
3.2 Procedimentos metodológicos .....	35
3.2.1 Avaliação da dinâmica espacial e temporal do uso e cobertura da terra.....	36
3.2.2 Identificação de cicatrizes de incêndios.....	39
3.2.3 Relação entre dados meteorológicos e de uso e cobertura da terra com incidência de incêndios.....	40
3.2.4 Risco de incêndio e presença de cicatrizes de acordo com as características do relevo .....	41

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
4.1 Avaliação da dinâmica espacial e temporal do uso e cobertura da terra.....	43
4.2 Identificação de cicatrizes de incêndios.....	49
4.3 Relação entre dados meteorológicos e de uso e cobertura da terra com incidência de incêndios .....	51
4.4 Risco de incêndio e presença de cicatrizes de acordo com as características do relevo.	55
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As Unidades de Conservação (UCs) são territórios de extremo valor para a conservação dos ecossistemas e, conseqüentemente, para a manutenção do bem estar e qualidade da vida humana. Contudo, o simples fato de criar esses territórios por meio de atos legais, não é o suficiente para garantir a efetiva conservação e proteção dos recursos naturais neles presentes (SALMONA et al., 2014).

Frequentemente as UCs estão sujeitas a pressões e ameaças diversas, que colocam os seus objetivos em risco. Dentre estas, se destacam a expansão urbana, a ocupação e uso do solo de maneira desordenada, a perda e fragmentação da cobertura vegetal e a ocorrência de incêndios de origem antrópica e natural, que segundo Medeiros e Fiedler (2004) é considerada uma grave ameaça a conservação da biodiversidade e manutenção de processos ecológicos das UCs no Brasil. Tendo em vista isso, geotecnologias como o geoprocessamento e sensoriamento remoto, apresentam-se como ferramentas úteis a serem utilizadas no monitoramento de atividades antrópicas e seus impactos ambientais em UCs.

Por meio da análise do uso e ocupação da terra, viabilizada por essas geotecnologias, é possível detectar e distinguir as diferentes formas de utilização do espaço, assim como as mudanças nele ocorridas, e com isso obter informações importantes para o planejamento, gestão e monitoramento dessas áreas. Giotto (1981) ressalta que o monitoramento do uso e cobertura da terra é grande de importância, pois permite mapear as mudanças provocadas por ações antrópicas, além de fornecer informações para o manejo eficaz dos recursos naturais.

O geoprocessamento e sensoriamento remoto, também são ferramentas potenciais para auxiliar no gerenciamento e monitoramento de UCs, no tange a análise da ocorrência e quantificação de áreas atingidas por incêndios, mostrando-se eficazes na melhor compreensão dos incêndio florestais. Segundo Batista (2000), os mapas de risco de incêndios e identificação de cicatrizes, gerados por meio destas, são ferramentas que têm sido empregadas com muita eficiência no planejamento racional dos recursos, visando à prevenção e o combate dos incêndios em vegetação.

Diante disso e do fato de que, tão importante quanto criar as UCs é conhecer e compreender a dinâmica de uso e ocupação da terra, tanto dentro de seus limites, quanto no seu entorno, é que justifica-se o uso de geotecnologias para realizar o monitoramento dessas áreas, evitando avanços de usos inadequados do solo e de seus recursos naturais e, também minimizando os impactos causados por demais pressões e ameaças.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho teve o objetivo geral de analisar processos de mudanças temporal e espacial, na dinâmica de uso e cobertura da terra, da Área de Proteção Ambiental dos Pirineus (APA Pirineus) e Parque Estadual dos Pirineus (PEP), utilizando imagens de satélite e integrando características ambientais por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar a dinâmica espacial e temporal do uso e cobertura da terra da APA Pirineus e PEP, nos anos de 2013, 2015 e 2017, a partir de imagens dos satélites RapidEye e ResourceSat-2.
- Identificar cicatrizes de incêndios na APA Pirineus e PEP, por meio de análise temporal, utilizando imagens de satélite dos satélites RapidEye e ResourceSat-2.
- Analisar a relação entre dados meteorológicos e de uso e cobertura da terra com a incidência de incêndios florestais na APA Pirineus e PEP, no período de estudo.
- Avaliar o risco de incêndio e a presença de cicatrizes de acordo com as características do relevo, por meio de informações extraídas a partir do Modelo Digital do Terreno/TOPODATA e da Álgebra de Mapas.



## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Geoprocessamento**

Atualmente o geoprocessamento e seus diversos produtos, são elementos facilitadores no que tange aos estudos relacionados à conservação e manejo dos recursos naturais, a partir da análise espacial da superfície da terra (VASCONCELLOS, 2002).

O geoprocessamento consiste na utilização de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas (CÂMARA e DAVIS, 2001). As atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos denominados de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) (INPE, 2006). Os SIGs são sistemas automatizados utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos georreferenciados. Esses sistemas possuem em suas estruturas os seguintes componentes: interface com usuário, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados. A interação entre esses componentes, permite a manipulação e a saída dos dados georreferenciados (CÂMARA et al., 1996).

Em virtude da multiplicidade de aplicações dos SIGs, as quais incluem floresta, agricultura, cartografia e urbanismo, existem pelo menos três grandes formas de utilização destes sistemas, sendo estas: como ferramenta para elaboração de mapas, como apoio para a análise espacial de fenômenos e como um banco de dados geográficos (DAVIS e CÂMARA, 2001).

Por meio dos SIGs é possível mapear os diversos usos e ocupação da terra nas Unidades de Conservação (UCs), como uma forma de observação e planejamento mais qualificados da utilização destas áreas e seu entorno. Deste modo, os SIGs têm denotado considerável importância tanto no planejamento, quanto na gestão territorial das UCs (CRISTO et al., 2016).

Em suma, para a formulação de diagnósticos e avaliações eficazes de ações e manejo das UCs, torna-se essencial o uso das ferramentas do geoprocessamento e de sistemas computacionais capazes de gerenciar bancos de dados, os quais forneceram informações importantes a serem utilizadas pelos gestores das mesmas, para as tomadas de decisões, que com isso poderão ser de feitas de forma mais ágil e mais eficiente (CRISTO et al., 2016).

### 2.1.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto, uma das técnicas utilizadas no geoprocessamento, tem a capacidade de caracterizar no espaço e no tempo os padrões de uso e ocupação da terra, que posteriormente são utilizados para a quantificação da estrutura e definição dos padrões da paisagem (BOSQUETTI, 2008).

Por possibilitar a obtenção e a manipulação de um grande número de informações, essa tem se tornado uma tecnologia cada vez mais requisitada pelas diversas ciências que abordam questões de cunho ambiental (LIMA, 2008).

Nos últimos anos, o sensoriamento remotos vem sendo largamente utilizado no mapeamento, planejamento, monitoramento, manejo e gestão dos recursos naturais. (VILELA et al., 2000). Destacando-se, assim, como uma ferramenta importante para a análise e controle das questões ambientais (MASCARENHAS et al., 2009).

A ampla aplicação dessa tecnologia para tais fins, se dá em função dos dados obtidos a partir de satélites propiciarem coberturas representativas da superfície da terra em curto espaço de tempo. Havendo com isso, a possibilidade desses dados serem rapidamente processados por meio de sistemas computacionais, para a extração de informações (VILELA et al., 2000).

O termo sensoriamento remoto, surgiu pela primeira vez em 1960 e significava apenas a obtenção de informações sem haver o contato direto com o alvo em uma determinada superfície. Ao longo do tempo as várias definições de sensoriamento remoto sob o ponto de vista de diferentes autores, passaram por mudanças, e aprimoramento, buscando uma definição mais adequada e completa para o termo (NOVO, 2010).

Segundo Novo (2010), o sensoriamento remoto trata-se da utilização simultânea de sistemas sensores e equipamentos para processamento e transmissão de dados, acoplados em plataformas orbitais ou áreas, com a finalidade de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície da Terra por intermédio do registro e da análise das interações entre a Radiação Eletromagnética (REM) e os objetivos presentes na superfície.

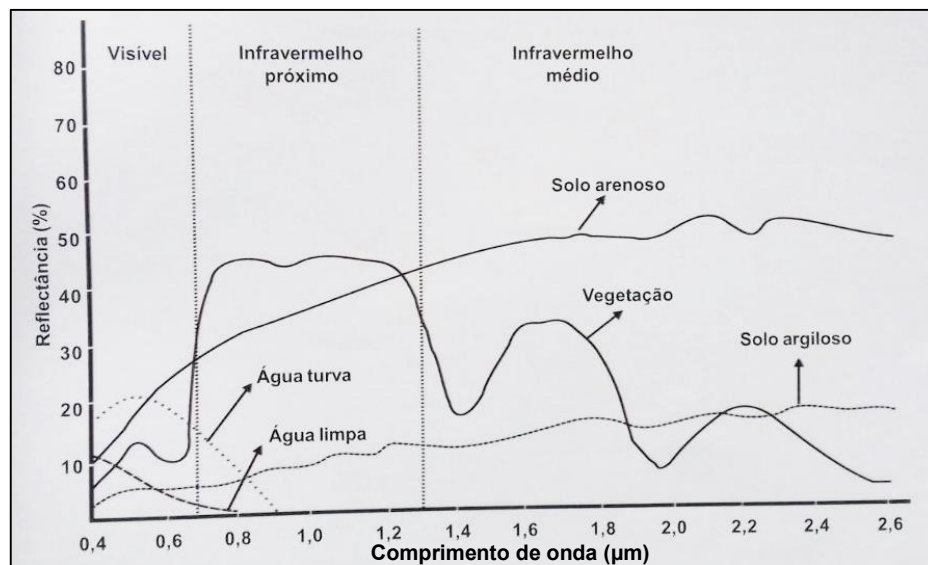
Os sensores são dispositivos com capacidade de captar a energia refletida ou emitida por uma superfície seja ela qual for, registrando-a na forma de imagem, gráfico, dados numéricos etc. Esses dados digitais gerados, poderão ser armazenados, manipulados e analisados, mediante ao uso de *softwares* específicos (FITZ, 2008).

Ao incidir sobre determinada superfície, a REM pode interagir de diferentes formas com a mesma, proporcionando a ocorrência de três fenômenos físicos: a absorvância, reflectância e

transmitância (FITZ, 2008). Entre as frações mencionadas, a reflectância é bastante importante para o sensoriamento remoto, uma vez que, a obtenção de imagens e dados de satélites é feita, justamente por meio da coleta, processamento e análise da radiação que é refletida pelo objeto. Portanto essa tecnologia, fundamenta-se na quantificação das frações da radiações refletidas e emitidas (MOREIRA, 2011).

As características físicas e químicas dos objetos presentes na superfície, estão entres as propriedades particulares dos mesmos, que determinarão seu comportamento espectral. O comportamento espectral (Figura 1) é a forma pela qual esse objeto se comporta ao longo do espectro eletromagnético, seja absorvendo, transmitindo ou refletindo a REM incidente nos diferentes comprimentos de onda (JACINTHO, 2003).

Figura 1 – Curvas espectrais de reflectância de alguns alvos naturais, em função do comprimento de onda.



Fonte: Adaptado de Moreira (2011).

Apesar do comportamento espectral da vegetação se modificar no decorrer do seu ciclo vegetativo, ele sempre apresentará uma configuração que possibilitará sua distinção do comportamento espectral dos demais alvos. A vegetação apresenta um pequeno nível de reflectância na região do visível ( $0,4 \mu\text{m} - 0,72 \mu\text{m}$ ), não ultrapassando 20%. (NOVO, 2010). Isso porque nessa região espectral, a REM radiante interage com a estrutura da vegetação por absorção e espalhamento. A energia é absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes, e isso gera dois picos de absorção nessa região, os quais estão justamente relacionados aos pigmentos contidos nas folhas (PONZONI, 2012).

Na região do infravermelho próximo (0,72  $\mu\text{m}$  – 1,1  $\mu\text{m}$ ), é onde existe a região denominada de alta reflectância, chegando em torno de 30-40% (NOVO, 2010). Nessa região o espalhamento é considerável e constante, ocorrendo pequena absorção da radiação. Na região do infravermelho médio (1,1  $\mu\text{m}$  – 3,3  $\mu\text{m}$ ), a reflectância é baixa, em decorrência da mesma ser afetada pela absorção da REM pela água líquida, ou seja, nessa região a absorção e reflectância são dominadas pela umidade (PONZONI, 2012).

O comportamento espectral do solo é influenciado, por diferentes fatores, tais como granulometria, umidade, matéria orgânica, mineralogia, textura, cor e teor de óxido de ferro. A reflectância do solo aumenta de forma gradativa do visível (0,4  $\mu\text{m}$  - 0,72  $\mu\text{m}$ ) ao infravermelho médio (1,1  $\mu\text{m}$  – 3,3  $\mu\text{m}$ ). O aumento do teor de óxido de ferro, matéria orgânica e umidade no solo, promovem o aumento da absorção e redução da reflectância em faixas específicas do espectro (MOREIRA, 2011).

A água apresenta mudanças em seu comportamento espectral, em seus diferentes estados e pureza. A água pura reflete no visível com máximo espalhamento no azul, decaindo em direção ao infravermelho próximo. A resposta espectral da água, depende da concentração e também das características dos sedimentos em suspensão, matéria orgânica e organismo vivos nela presentes. Entretanto, por mais que não haja na água, a presença de constituintes suspensos ou dissolvidos, ela apresentará baixa reflectância, mesmo na região do visível. Tal fato é evidenciado devido ao pequeno espalhamento e elevada transmitância, dessa forma, quanto mais pura a água menor será sua reflectância (NOVO, 2010).

### **2.1.1.1 Aquisição de dados de Sensoriamento Remoto**

A aquisição de dados da superfície terrestre, no sensoriamento remoto pode ser feita a nível terrestre, sub-orbital e orbital. O objetivo da pesquisa, o tamanho da área imageada, a disponibilidade de sensores, os custos e a precisão requerida para os resultados obtidos, são fatores determinantes na escolha do nível de coleta dos dados (MOREIRA, 2011).

Em função da melhoria nas características dos sensores orbitais e a disponibilidade de dados gratuitos, o nível de aquisição de dados orbital vem sendo amplamente usado nas áreas de mapeamento e estudo de recursos naturais. A coleta dos dados é realizada através de equipamentos sensores a bordo de satélites artificiais, com características variadas (MOREIRA, 2011).

Dentre as características dos diferentes tipos de sensores destacam-se as resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal. De maneira geral a resolução espacial representa

o tamanho do *pixel*, que pode ser traduzida como a área real compreendida na superfície terrestre por cada *pixel* correspondente na imagem. A resolução temporal é o intervalo de tempo para que um sensor obtenha uma nova cena de um mesmo ponto da superfície terrestre (EMBRAPA, 2014; FITZ, 2008).

A resolução radiométrica refere-se a quantidade de níveis de cinza presentes em uma imagem. Quanto maior o nível de quantização registrado pelo sensor, maior será essa resolução e conseqüentemente maior a qualidade visual da imagem (EMBRAPA, 2014; FITZ, 2008). Já a resolução espectral é uma medida da largura das bandas do espectro eletromagnético registradas pelo sensor (NOVO, 2010).

Esse conjunto de características, auxiliam na escolha de um sensor para as aplicações ambientais. Em aplicações que requerem a identificação e mapeamento preciso de alvos terrestres, é desejável que o sensor tenha boa resolução espacial. Já para análises temporais, é desejável que o sensor possua capacidade de gerar uma série de dados com boa resolução temporal. Atualmente vários dos satélites em órbita, como por exemplo o RapidEye e ResourceSat-2, apresentam características que atendem as necessidades das aplicações ambientais.

### **2.1.1.2 Os satélites RapidEye e ResourceSat-2**

O progresso tecnológico das últimas décadas facilitou o desenvolvimento de diversos satélites de monitoramento terrestre-ambiental. Esses satélites permitem em escala global, regional ou local, a aquisição de dados quantitativos e qualitativos, sobre o nível de degradação do meio ambiente, incluindo o monitoramento de biomas e áreas protegidas, grau de poluição atmosférica e dos recursos hídricos (MASCARENHAS et al., 2009).

As imagens de satélite que permitem a extração de informação por meio da caracterização espectral dos alvos, estão sendo vastamente disponibilizadas de forma gratuita na rede mundial. Esse amplo catálogo de imagens disponível, permite o monitoramento de extensas áreas em diversas escalas, fornecendo dados para o mapeamento da dinâmica da vegetação, uso e ocupação, ocorrência de incêndios, e outras características da área (MENDONÇA et al., 2011).

Dentre as imagens obtidas por sensores remotos, disponibilizadas gratuitamente, estão as dos satélites RapidEye e ResourceSat – 2. O RapidEye é um sistema formado por uma constelação de cinco satélites, lançados em agosto de 2008 (ESA, 2016), que fornecem através

de sensores, imagens multiespectrais com alta resolução espacial de até 5 m e resolução temporal de 24 horas a 5,5 dias (EMBRAPA, 2014).

Em cada um dos cinco satélites que compõem a constelação RapidEye, foram acoplados sensores denominados REIS (*RapidEye Earth Imaging System*), que obtêm imagens da terra em cinco faixas espectrais (Quadro 1) (PLANET, 2016). A banda Red-Edge que os satélites RapidEye possuem, foi desenvolvida exclusivamente para discriminação da vegetação (SCCON, 2016). Além disso, o sensor oferece uma resolução radiométrica de 12 bits e uma largura de faixa imageada de 77,25 km (PLANET, 2016).

Quadro 1 – Características das bandas espectrais e resoluções do satélite RapidEye, sensor REIS.

Sensor	Bandas Espectrais	Resoluções			
		Espectral (nm)	Espacial	Temporal	Radiométrica
REIS	Azul	440-510	6,5 m nadir e 5m ortoimagens	24 horas (off-nadir) e 5,5 dias (nadir)	12 bits
	Verde	520-590			
	Vermelho	630-690			
	Red-Edge	690-730			
	Infravermelho próximo	760-880			

Fonte: Adaptado de PLANET (2016).

A resolução radiométrica oferecida pelo RapidEye, proporciona uma elevada capacidade de discriminação dos alvos que compõem a superfície, possibilitando a geração de resultados confiáveis e exatos. Além disso, dentre as suas principais características, está a sua alta capacidade de visitar o mesmo ponto da superfície terrestre, produzindo conjuntos de imagens em um curto período de tempo. Os requisitos técnicos de suas resoluções, garantem a obtenção de produtos e análises de alta precisão. Isso permite a utilização de seus produtos para fins como, monitoramento de eventos ambientais, agrícolas, florestais, cartográficos dentre outros (SCCON 2016).

Antunes et al. (2014), avaliando o potencial do RapidEye para o mapeamento e monitoramento ambiental e de áreas de agricultura, florestais e pastagens, verificaram que o mesmo é uma excelente opção para tais finalidades. Ao utilizarem imagens RapidEye para realizarem o mapeamento do uso e cobertura do solo na APA do Pratigi – BA, Jesus et al. (2017), também afirmam que as imagens RapidEye podem servir como subsídio para análise e

monitoramento ambiental de UCs, conflitos de Áreas de Proteção Ambiental (APPs), desflorestamento entre outros.

Ao utilizar imagens dos satélites RapidEye e Landsat 5 e 8 para uma avaliação multitemporal da modificação da cobertura vegetal em Riachão das Neves-Bahia, Oliveira (2015) constatou que tomadas de decisões quanto a supressão da vegetação e demais usos do solo, podem ser feitas de forma mais precisa e confiável, quando se têm resultados obtidos a partir de imagens RapidEye, em função da precisão.

O ResourceSat-2 é uma missão de continuidade de dados de sensoriamento remoto da *Indian Space Research Organization* (ISRO), lançada em abril de 2011. Os três sensores multiespectrais que estão a bordo do ResourceSat-2, denominadas de Sensor *Wide-Field* Avançado (AWiFS), *Linear Imaging-Self Scanner* (LISS-III) e *Linear Imaging-Self Scanner* (LISS-IV), possuem resoluções espaciais de 56 m, 23,5 m e 5, 8 m respectivamente (ISRO, 2011).

O sensor LISS-III adquire imagens da superfície terrestre em quatro bandas espectrais distintas, que variam de comprimentos de onda do Visível (verde e vermelho), Infravermelho Próximo e Infravermelho Médio (Quadro 2). O LISS-III cobre uma faixa orbital de 140 km, com um período de revisita ao mesmo ponto de 24 dias (USGS, 2018).

Quadro 2 - Características das bandas espectrais e resoluções do satélite ResourceSat-2, sensores LISS III.

Bandas Espectrais	Resoluções			
	Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Espacial	Temporal	Radiométrica
Verde	0.52-0.59	23,5 m	24 dias	10 bits
Vermelho	0.62-0.68			
Infravermelho próximo	0.77-0.86			
Infravermelho médio	1.55-1.70			

Fonte: Adaptado de NRSC (2011).

O ResourceSat-2 fornece aos usuários globais, dados de sensoriamento remoto com cobertura multiespectral e espacial mais aprimoradas, em relação ao ResourceSat-1. Seus dados podem ser destinados a uma série de aplicações tais como discriminação e monitoramento de culturas agrícolas, monitoramento e gestão de recursos naturais, mapeamento florestal, apoio a gestão de desastres, desenvolvimento de infraestrutura, dentre outros (ISRO, 2011).

No Brasil, dados do satélite indiano ResourceSat-2 têm sido usados no desenvolvimento de projetos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para o monitoramento contínuo do desmatamento e degradação da Amazônia. O Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER-B e DETER -C), são exemplos de projetos desenvolvidos pelo INPE, nos quais são utilizados dados desse satélite, para realizar a prevenção e controle do desmatamento e incêndios florestais na Amazônia brasileira (INPE, 2018).

Na Índia, imagens ResourceSat-2 foram utilizadas para realizar a quantificação e monitoramento de mudanças na cobertura florestal da Reserva da Biosfera de Agasthyamalai entre 1920-2012. Os resultados obtidos com o mapeamento do uso e cobertura da terra nesta pesquisa, mostraram que 747,1 km<sup>2</sup> de florestas foram perdidos nesse período. Isso mostra a importância das informações de uso e cobertura da terra em longo prazo para examinar a eficácia da conservação pelas áreas protegidas (DUTTA et al., 2016).

Pesquisa similar a essa, foi desenvolvida por Saranya e Reddy (2015), onde além de imagens de outros satélites as imagens ResourceSat-2 foram utilizadas para avaliar mudanças de longo prazo na cobertura florestal e uso da terra da Reserva da Biosfera Similipal, também na Índia. A partir dos resultados adquiridos, os autores afirmam que, estudos como este auxiliam na avaliação dos padrões espaciais das florestas e com isso áreas a serem restauradas e manejadas, podem ser priorizadas.

### **2.1.2 Processamento Digital de Imagens (PDI)**

A partir da década de 1960 a evolução do Processamento Digital de Imagens (PDI) foi grande e constante. Atualmente o PDI vem sendo utilizado em várias áreas, nas quais as suas técnicas são empregadas para descobrir focos de queimadas, mapeamento e monitoramento de áreas de desflorestamento e agrícolas, desastres naturais, dentre outros (MOREIRA, 2011).

O PDI caracteriza-se pelo uso de um conjunto de técnicas computacionais, aplicadas para identificar, extrair e realçar informações relevantes, contidas em uma imagem (CRÓSTA, 1992). Estas técnicas, além de viabilizarem a análise de uma imagem em diversas regiões do espectro eletromagnético, permitem a integração de vários tipos de dados (MOREIRA, 2011).

A finalidade principal do PDI é fornecer ferramentas que facilitem a interpretação e extração de informações presentes nas imagens, propiciando a posterior interpretação destas. Tendo em vista isso, sistemas computacionais específicos são utilizados para realizar procedimentos interativos de análise e manipulação de imagens brutas. O resultado desse



processo é a geração de outras imagens, agora já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens iniciais utilizadas (CRÓSTA, 1992).

As atividades de PDI podem ser divididas em três etapas distintas: pré-processamento, realce e classificação propriamente dita (NOVO, 2010).

O pré-processamento cujo objetivo é corrigir preliminarmente os erros que os dados brutos obtidos pelo sensor possam apresentar (MENESES et al., 2012), envolve a aplicação de procedimentos para melhorar a qualidade visual e muitas vezes radiométrica da imagem (MOREIRA, 2011). Assim, no pré-processamento são realizadas operações de calibração radiométrica, correção de distorções geométricas e correção atmosférica (MOREIRA, 2011).

A correção radiométrica é feita para reduzir a diferença entre os níveis de cinzas registrados pelos detectores no momento do imageamento. A degradação radiométrica em linhas ou pixel, denominada de ruídos, pode ser atenuada por meio dessa operação. O método mais comum para corrigir ou recompor linhas de pixels com ruídos, é substituí-las pelo valor médio dos pixels referentes às linhas anteriores e posteriores (MENESES et al., 2012).

A correção de distorções geométricas realizada para corrigir erros oriundos pela movimentação do satélite e curvatura da Terra (MOREIRA, 2011), e atribuir maior precisão cartográfica às imagens, é feita associando-se as coordenadas da mesma a algum sistema de coordenadas. Essa operação é normalmente executado em um sistema de processamento digital de imagens (CÁSTRO, 1992).

Assim como os ruídos, as influências causadas pela atmosfera também podem comprometer a qualidade da imagem. A atmosfera pode influenciar na radiância medida em qualquer ponto da cena, causando a alteração radiométrica desta. O uso do limite inferior (pixel escuro) dos valores digitais do histograma pertencente a cada banda, está entre as técnicas propostas, mais aceita para realizar esse tipo de correção (MENESES et al., 2012).

O realce de imagem, etapa intermediária do PDI, constitui-se na aplicação de um conjunto de procedimentos, para melhorar o aspecto visual da imagem ou realçar determinada característica de interesse presente na imagem (MOREIRA, 2011). Entre as várias técnicas para o realce, destaca-se o realce de contraste, as operações aritméticas e filtragem (COSTA, 1998).

A classificação de imagem, etapa final do PDI, trata-se da identificação de determinados elementos presentes na imagem, pela associação de cada um de seus *pixels* a uma classe (rótulo) anteriormente estabelecida (FITZ, 2018).

A classificação digital de imagens pode ser realizada pelas técnicas de classificação não-supervisionada e classificação supervisionada. A primeira técnica é indicada quando o analista não tem o conhecimento prévio das classes de alvos presentes na cena. Nesse tipo de

classificação são utilizados algoritmos classificadores como o Isoseg e K-médias (MOREIRA, 2011; NOVO, 2010).

Ao contrário, a classificação supervisionada requer um conhecimento prévio das classes de interesse presentes na imagem (NOVO, 2010). Entre os principais algoritmos empregados nessa técnica estão, máxima verossimilhança (MaxVer), o método do paralelepípedo e a distância euclidiana (FITZ, 2008).

## **2.2 Unidades de Conservação (UCs)**

A legislação brasileira sobre áreas protegidas se consolidou com a criação, em 2000, da Lei nº 9.985 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (CASES, 2012). De acordo com o SNUC as Unidades de Conservação são espaços territoriais com características naturais relevantes, instituídos pelo Poder, com a função de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

As UCs estão entre os instrumentos mais eficazes para garantir a conservação e proteção da natureza. Entre os vários benefícios fornecidos por elas estão a regulação da quantidade e qualidade de água para consumo, equilíbrio climático e manutenção da qualidade do ar, áreas verdes para lazer, educação, cultura e conservação do solo (MMA, 2008). Percebe-se assim a importância que as mesmas têm (COELHO e REZENDE, 2016).

As UCs dividem-se em dois grupos com características específicas. As Unidades de Proteção Integral, tem objetivo de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, enquanto as Unidades de Uso Sustentável possuem a finalidade de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000).

O grupo das Unidades de Conservação de Proteção Integral é composto pelas categorias de Unidades de Conservação Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. Já o grupo das Unidades de Uso Sustentável é constituído pelas Categorias de Unidades de conservação, Floresta Nacional, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Extrativista, Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural (BRASIL, 2000).

Cada uma das categorias de Unidades de Conservação, de ambos os grupos, dispõem de características, especificações e objetivos particulares.

Das 12 categorias de UCs anteriormente mencionadas, as de maior representatividade no Brasil como um todo, são os Parques, Estações Ecológicas, Reservas Particulares do Patrimônio Natural, Áreas de Proteção Ambiental e, Florestas Nacionais, Estaduais e Municipais. Atualmente o Brasil possui um total 2201 Unidades de Conservação, sendo que destas, 698 são de Proteção Integral e 1503 são de Uso Sustentável (Tabela 1) (MMA, 2018).

Tabela 1- Número de Unidades de Conservação no Brasil (2018).

<b>Tipo/Categoria</b>	<b>Número</b>
<b>Proteção Integral</b>	
Estação Ecológica	98
Monumento Natural	50
Parque Nacional/Estadual/Municipal	425
Refúgio de Vida Silvestre	62
Reserva Biológica	63
Total de Proteção Integral	698
<b>Uso Sustentável</b>	
Floresta Nacional/Estadual/Municipal	106
Reserva Extrativista	94
Reserva de desenvolvimento Sustentável	39
Reserva de Fauna	0
Área de Proteção Ambiental	326
Área de Relevante Interesse Ecológico	50
Reserva Particular do Patrimônio Natural	888
Total de Uso Sustentável	1503
<b>Total Geral</b>	<b>2201</b>

Fonte: Adaptado de MMA (2018).

O SNUC (Lei nº 9.985/2000) trouxe uma série de diretrizes e normas visando a gestão e o manejo mais adequado e eficaz das UCs no Brasil. Entretanto esta lei propõe que sistemas de unidades de conservação sejam criados a nível estadual e municipal (MMA, 2008).

Dentro deste contexto, em 2002 a Lei nº 14.247, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 5.806/03, instituiu o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) no Estado de Goiás. Assim como no SNUC, o SEUC também divide as UCs em dois grupos distintos (Proteção Integral e Uso Sustentável), os quais partilham dos mesmo objetivos e finalidades definidos pela Lei de âmbito Federal (SNUC).

A utilização de UCs como instrumento de proteção e conservação ambiental no Estado de Goiás, iniciou-se no ano de 1959, com a criação pelo Governo Federal do Parque Nacional do Araguaia, hoje localizado no Estado do Tocantins (SIEG, 2000).

Atualmente o Estado de Goiás conta com 23 Unidades de Conservação estaduais administradas pela SECIMA (SECIMA, 2017), nove Unidades de Conservação federais sob administração do ICMBio (ICMBio, 2018), 16 Unidades de conservação municipais e 43 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (SECIMA, 2017).

A principal ferramenta de gestão e planejamento de uma UC é o Plano de Manejo (BRASIL, 2000). Desta forma, o SNUC e o SEUC determinam que as UCs deverão dispor de planos de manejo, abrangendo a Zona de Amortecimento (ZA) e os corredores ecológicos (BRASIL, 2000; GOIÁS, 2002).

O plano de manejo trata-se de um documento técnico o qual é fundamentado nos objetivos gerais da UC, e estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade (BRASIL, 2000).

Dentre as suas diretrizes, os planos de manejo estabelecem as Zonas de Amortecimento (ZA), que refere-se a área do entorno das UCs e tem como propósito reduzir os impactos negativos sobre a unidade. Portanto as atividades e usos da terra nessas áreas estão sujeitas às normas e restrições específicas (BRASIL, 2000).

Uma das ferramentas mais importantes do plano de manejo é o zoneamento, que organiza espacialmente a UC em setores ou zonas sob diferentes graus de proteção e regras de uso (MMA, 2012). O propósito do zoneamento é propiciar os meios e as condições para que os objetivos da UC sejam alcançados de forma harmônica e eficaz (BRASIL, 2000).

O plano de manejo também inclui medidas para promover a inclusão da UC à vida econômica e social das comunidades do entorno. Sendo também que é neste documento que as regras para visitação da UC são estabelecidas (MMA, 2012).

### **2.2.1. Parque Estadual dos Pirineus (PEP)**

Os parques são Unidades de Conservação de proteção integral, criadas com o intuito de preservar os ecossistemas naturais que apresentam grande importância ecológica e beleza cênica, conciliando a isso o desenvolvimento de pesquisas científicas, atividades de educação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (BRASIL, 2000).

O Parque Estadual dos Pirineus (PEP) foi criado pela Lei nº 10.321, de 20 de novembro de 1987, alterada pela Lei nº 13.121, de 16 de junho de 1997, com o objetivo de preservar a fauna, a flora, os mananciais, proteger sítios naturais de excepcional beleza e assegurar condições de bem-estar público (SECIMA, 2017).

De acordo o Decreto nº 4.830, de 15 de outubro de 1997 que estabelece a área e os limites do parque, o mesmo possui 2.833,26 hectares e abrange os Municípios de Pirenópolis, Cocalzinho e Corumbá de Goiás (GOIÁS, 1997).

O PEP possui características únicas que o torna de valor singular. No interior da sua área está localizado, o segundo maciço mais alto do Estado de Goiás, o Pico dos Pirineus com 1.380 metros de altitude. O local é um dos divisores das Bacias Tocantins e Paraná. Além disso vários córregos nascem no alto da Serra dos Pirineus, os quais possuem grande importância ecológica e abastecem várias comunidades da região (SECIMA, 2017).

Apesar de possuir 31 anos de existência o PEP ainda não tem seu plano de manejo regulamentado. Conforme o previsto no SNUC (Lei nº 9.985/2000), a partir da data de criação de uma UC, o seu plano de manejo deve ser elaborado em um prazo máximo de cinco anos (BRASIL, 2000).

### **2.2.2 Área de Proteção Ambiental dos Pirineus (APA Pirineus)**

A Área de Proteção Ambiental enquadra-se na categoria de UC de uso sustentável e possui objetivo de proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e garantir o uso dos recursos naturais de forma sustentável. Geralmente essas áreas são extensas e pode haver nelas certo grau de ocupação humana (BRASIL, 2000).

A Área de Proteção Ambiental dos Pirineus foi criada pelo Decreto Estadual nº 5.174, de 17 de fevereiro de 2000, visando principalmente proteger o entorno do PEP. A criação da mesma, teve ainda como propósito proteger os remanescentes do cerrado e os recursos hídricos, proporcionar melhor qualidade de vida às populações que ali residem ao orientá-las e discipliná-las com relação às atividades econômicas locais, regularizar o turismo ecológico, promover a educação ambiental, preservar as culturas e tradições locais (SECIMA, 2017).

A APA dos Pirineus se estende por 22.880 hectares no entorno do parque, estando também localizada nos Municípios de Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás e Pirenópolis (SECIMA, 2017).

De acordo Salmona et al. (2014), as UCs em questão contam somente com seus respectivos decretos, ou seja, ambas não possuem plano de manejo, mesmo sendo este o principal instrumento utilizado para nortear todas e quaisquer ações de uma UC.

### 2. 3. Uso e Cobertura da Terra

Embora os conceitos atribuídos ao uso e à cobertura da terra estejam intimamente relacionados e sejam frequentemente aplicados alternativamente, seus significados reais são bem distintos (IBGE, 2013). A cobertura da terra refere-se à cobertura da superfície do solo, seja ela natural ou artificial, tais como, vegetação, infraestrutura urbana, água, solo nu, dentre outros. O uso da terra refere-se às atividades antrópicas e aos inúmeros e variados usos sobre a terra, como agricultura, habitação, recreação, dentre outros (FILHO et al., 2007).

A rápida e constante transformação que vem ocorrendo no meio ambiente em consequência do aumento das atividades antrópicas, torna o mapeamento do uso e cobertura da terra extremamente importante para a compreensão da organização do espaço e das mudanças ocorridas (BRITO e PRUDENTE, 2005). Quanto a isso, Rosan e Alcântara (2016) também salientam que a análise de mudanças no uso e cobertura da terra, comumente feito por meio do mapeamento, permitem identificar as formas e dinâmicas de ocupação dos diferentes espaços. Dessa forma, constitui-se em um importante instrumento para o planejamento e orientação das decisões a serem tomadas em relação às análises e avaliação de impactos ambientais decorrente das mudanças na cobertura vegetal.

Em unidades de conservação, a compreensão da ocupação do espaço é fundamental na prevenção da exploração dos recursos de maneira desordenada. Nas APAs, essa compreensão e conhecimento são ainda mais enfáticos, visto que esta categoria além de permitir uma economia ativa e a exploração sustentável dos recursos, ela permite ainda a ocupação humana (LOPES e REUSS-STRENZEL, 2015).

Nesta perspectiva, as geotecnologias apresentam-se como eficientes aliadas. O sensoriamento remoto possibilita a aquisição de dados representativos, precisos, atualizados e de épocas distintas, e o geoprocessamento dispõe de importantes e variadas ferramentas de análise espacial, que são fundamentais para mapeamentos de mudanças no uso e cobertura da terra. Tudo isso as tornam importantes instrumentos a serem utilizados como base para as decisões a serem tomadas com vistas ao planejamento, manejo e gestão sustentáveis de determinada região, inclusive das UCs.

O uso de produtos do sensoriamento remoto, aliados à possibilidades de análise em ambiente de Sistema de Informação Geográfica - SIG, permitem a caracterização do ambiente e o prévio conhecimento deste. Isto torna possível o diagnóstico e monitoramento da evolução do uso e cobertura da terra e conseqüentemente a compreensão da dinâmica ambiental (LOPES, 2008).

A análise de uso e cobertura da terra utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto tem sido desenvolvido por vários autores (NASCIMENTO e FERNANDES, 2017; BARGOS et al. 2017; ROSAN e ALCÂNTARA, 2016), demonstrando-se como excelentes ferramentas para tal finalidade.

## **2.4 Incêndios Florestais**

Frequentemente ocorre confusão entre os termos queimadas e incêndios florestais. As queimadas não são consideradas desastres naturais e referem-se a uma prática popular bastante antiga, destinada especialmente à limpeza de áreas para cultivo de plantações ou formação de pastos (SAUSEN e LACRUZ, 2015).

Já os incêndios florestais trata-se da propagação livre e descontrolada do fogo sobre a biomassa vegetal viva ou morta de florestas ou outras formações vegetais nativas ou plantadas (OLIVEIRA, 2017).

Os incêndios florestais podem iniciar-se tanto naturalmente, como por exemplo por uma descarga atmosférica, quanto por ações antrópicas acidentais ou criminosas. Normalmente ocorrem com maior frequência e intensidade no período de estiagem, em função da baixa umidade relativa do ar e baixos índices pluviométricos (OLIVEIRA, 2017).

A depender da sua frequência e intensidade, a ocorrência de incêndios florestais podem implicar em danos mais ou menos severos. Segundo Oliveira (2015), os incêndios florestais promovem uma intensa degradação, que afeta desde os microorganismos do solo até os seres humanos.

Dias (2009) afirma que estes incêndios afetam grandemente os ecossistemas, os solos, a fauna e a flora. Além disso, causam prejuízos financeiros, aumento nas emissões de carbono para a atmosfera, podendo ter consequências para o clima planetário, sendo que a fumaça decorrente dos mesmos ainda provoca uma série de problemas a saúde humana.

Existem inúmeros fatores que influenciam direta ou indiretamente no início, intensidade e duração de um incêndio florestal, tais como:

Condições Climáticas: a temperatura do ar, umidade relativa, vento e precipitação influenciam fortemente na ignição e propagação dos incêndios. Algumas dessas variáveis climáticas também determinam as características do material combustível. A interação da umidade relativa com a temperatura do ar, por exemplo, determina a capacidade de secagem do material combustível (SAUSEN e LACRUZ, 2015).

Topografia: a inclinação topográfica está diretamente relacionada a velocidade de propagação de incêndio florestal. Assim, quanto maior for a inclinação do terreno, maior será a velocidade de propagação do incêndio (SAUSEN e LACRUZ, 2015).

Material combustível: a combustão e a propagação do fogo também dependem do tipo e quantidade de material combustível que está sendo queimado (DIAS, 2009). Outras características como, dimensões, arranjo vertical, arranjo horizontal e condições do material combustível também influenciam em um incêndio florestal (SCHUMACHER et al., 2010).

O controle dos incêndios florestais depende principalmente de maiores esforços direcionados para a prevenção. Assim, os demais investimentos em combate devem estar antes de tudo acompanhados do empenho em prevenção, e sempre se antecipando à época de estiagem (PEREIRA et al., 2004).

#### **2.4.1 Incêndio florestais em Unidades de Conservação**

Durante a estação seca o fogo é um problema frequente no Brasil. Grande parte das UCs acabam sendo atingidas por incêndios florestais, todos os anos (BONFIM, 2003). A ocorrência de grandes incêndios florestais em UCs é considerada uma crítica ameaça para conservação da biodiversidade e continuidade dos processos ecológicos (MEDEIROS e FIEDLER, 2004).

Estes incêndios são especialmente graves para áreas pequenas, em ecossistemas sensíveis ao fogo, áreas isoladas pela urbanização ou pela agricultura e áreas com espécies raras e ameaçadas de extinção. Uma vez que, nestes locais a probabilidade dos grandes incêndios comprometerem a manutenção de populações de determinadas espécies é muito maior. Quanto às características vulneráveis mencionadas, deve-se considerar que muitas das UCs no Brasil, apresentam uma ou mais destas (MEDEIROS e FIEDLER, 2004).

Koproski et al. (2011) enfatizam que o fogo configura uma ameaça constante às UCs, pois o mesmo altera a paisagem e a biodiversidade dentro delas. Entretanto, segundo o mesmo autor, poucas UCs dispõem de planos de prevenção e controle de incêndios com zoneamentos de riscos definidos, ou ainda o registro de informações básicas, como o histórico de ocorrências de incêndios. Mas a realidade é que muitas UCs sequer possuem planos de manejo, no qual deve constar as informações sobre a unidade e estar identificado as zonas prioritárias de gestão, além de medidas de prevenção e de controle de acidentes ambientais (KOPROSKI et al., 2011).

Quando se trata da ação dos incêndios sobre áreas naturais protegidas destinadas à proteção e preservação dos recursos naturais, os efeitos do fogo precisam ser criteriosamente



avaliados, visando estabelecer programas de manejo que proporcionem a melhor forma de recuperação dos ambientes alterados (FIEDLER et al., 2006).

As causas dos abrangentes e recorrentes incêndios florestais em UCs no Brasil se devem, principalmente, ao uso do fogo de forma incorreta, para a renovação de pastagens e limpeza de restos de culturas nas propriedades do entorno (NERY, 2011).

Embora o cerrado, o segundo maior bioma do Brasil, seja um ecossistema dependente do fogo (KOPROSKI et al., 2011), nas últimas décadas, com a progressiva ocupação e conversão do cerrado em áreas agrícolas, as UCs localizadas neste bioma têm sido constantemente impactadas pela ação frequente de incêndios florestais (MEDEIROS e FIEDLER, 2004).

Localizado no bioma cerrado, o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros enfrentou em outubro do ano de 2017 o maior incêndio de sua história. O fogo afetou 66,014 mil hectares, o equivalente a 28% da unidade de conservação em Goiás. Além disso, neste mesmo ano, o ICMBio registrou incêndios em várias outras unidades em todo o país como no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Parque Nacional da Serra da Canastra, Floresta Nacional de Brasília e o Parque Nacional do Araguaia (ICMBio 2017).

#### **2.4.2 Comportamento espectral de cicatrizes de incêndios**

No mapeamento de queimadas, são avaliados os sinais deixados pelos resíduos sólidos do carvão e na estrutura da vegetação que foi alterada pela ação do fogo. A semelhança no comportamento espectral das cicatrizes de incêndios em relação a elementos como água, sombra de nuvens e relevo, gera confusão entre esses alvos. Esse fato representa um dos principais problemas do mapeamento de queimadas por meio de sensores orbitais (TRIGG e FLASSE, 2001).

O comportamento espectral de superfícies afetadas por incêndios é caracterizado por apresentar baixos valores de reflectância na região do infravermelho próximo e altos valores de reflectância na região infravermelho de ondas curtas. Em ambas as regiões do espectro observa-se um padrão oposto a esse para áreas com vegetação. Portanto, considerando o intervalo entre visível e infravermelho de ondas curtas, as regiões do infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas são as mais indicadas para o mapeamento de áreas queimadas (LIBONATI et al., 2010).

Inicialmente, o comportamento espectral de uma área afetado pelo fogo é influenciado, principalmente, pelo volume de cinzas, o qual se relaciona com a quantidade de biomassa

queimada. Posteriormente, à medida que o volume de cinzas diminui e a rebrota se inicia, a reflectância passa a ser controlada pela mistura de substrato e rebrota (PESSOA e MENESES, 2013).

Neste sentido, Cardozo et al. (2014), avaliando impactos das queimadas no Estado de Rondônia nos anos de 2000 a 2011, percebeu que em cicatrizes recentes a reflectância diminui, principalmente nas regiões do visível e infravermelho próximo, devido a desestruturação da vegetação, à perda de material fotossinteticamente ativo do material verde e pelo depósito de cinzas e carvão sobre o solo, que possuem alto coeficiente de absorção neste espectro.

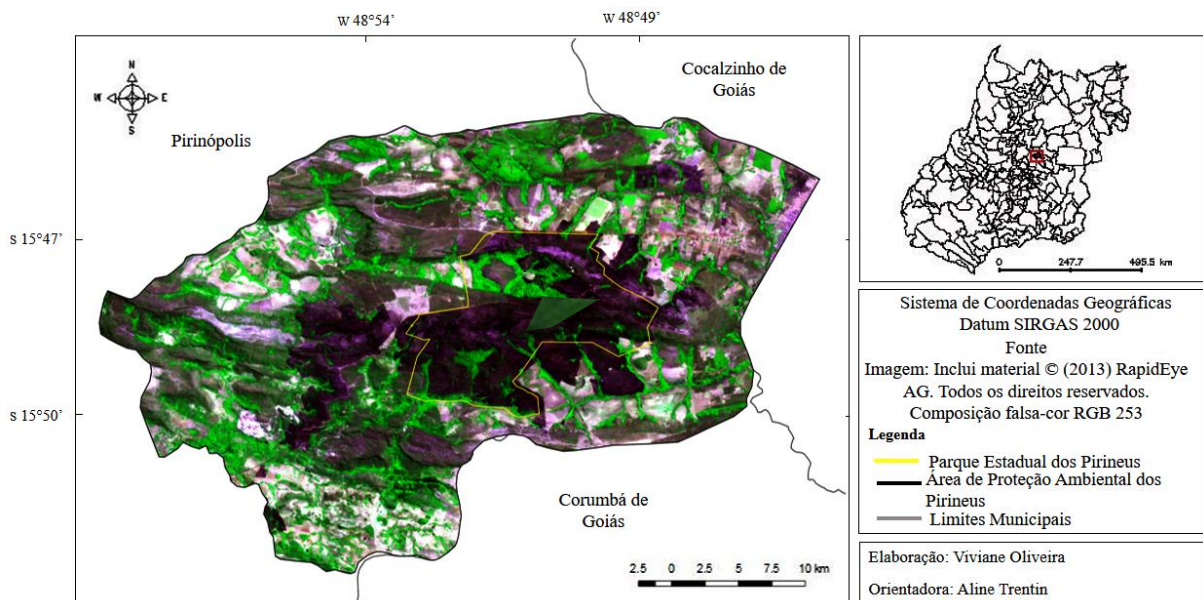
Em relação às cicatrizes em regeneração, Cardozo et al. (2014), verificou que devido a recomposição da estrutura vegetal, elas começam a apresentar um comportamento espectral similar ao vegetal, porém, com um aumento da reflectância em comprimentos de onda superiores a 1,4  $\mu\text{m}$  devido à influência do solo no comportamento espectral.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no leste do Estado de Goiás e compreende a Unidade de Conservação de Proteção Integral Parque Estadual dos Pirineus (PEP), a Unidade de Conservação de Uso Sustentável Área de Proteção Ambiental dos Pirineus (APA Pirineus), que margeia o parque (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de localização da Área de Proteção Ambiental dos Pirineus (APA Pirineus) e do Parque Estadual dos Pirineus (PEP).



Fonte: Autor (2018).

Com uma área de 2.833,26 hectares, o PEP está localizado nos municípios de Pirenópolis, Cocalzinho de Goiás e Corumbá de Goiás (SECIMA, 2017) e situa-se aproximadamente entre as coordenadas 15° 47' e 15° 50' de latitude Sul e 48° 49' e 48° 54' de longitude Oeste. De acordo com a SECIMA (2017) sua altitude varia de 1.100 m a 1.385 m, tendo como ponto mais elevado o Pico dos Pirineus.

A APA dos Pirineus possui uma área de abrangência que corresponde a 22.880 hectares e também está localizada nos municípios de Pirenópolis, Cocalzinho de Goiás e Corumbá de Goiás, entre as coordenadas 15° 45' e 15° 53' de latitude Sul e 48° 45' e 48° 57' de longitude Oeste (GOIÁS, 2000).

Atualmente, a área de estudo e seu entorno agregam três principais tipos de atividades econômicas: a mineração, a agropecuária e o turismo. A exploração de minerais ocorre desde o início da ocupação dessa região. Porém, em virtude da crise do ouro, no século XVIII, a região se voltou para a agropecuária (SALMONA et al., 2014).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo tropical semi-úmido (Aw), caracterizado por duas estações bem definidas, uma seca, que corresponde ao período de outono e inverno, entre os meses de abril e outubro, e outra úmida, com chuvas torrenciais, que corresponde ao período de primavera e verão (FILHO et al., 2012).

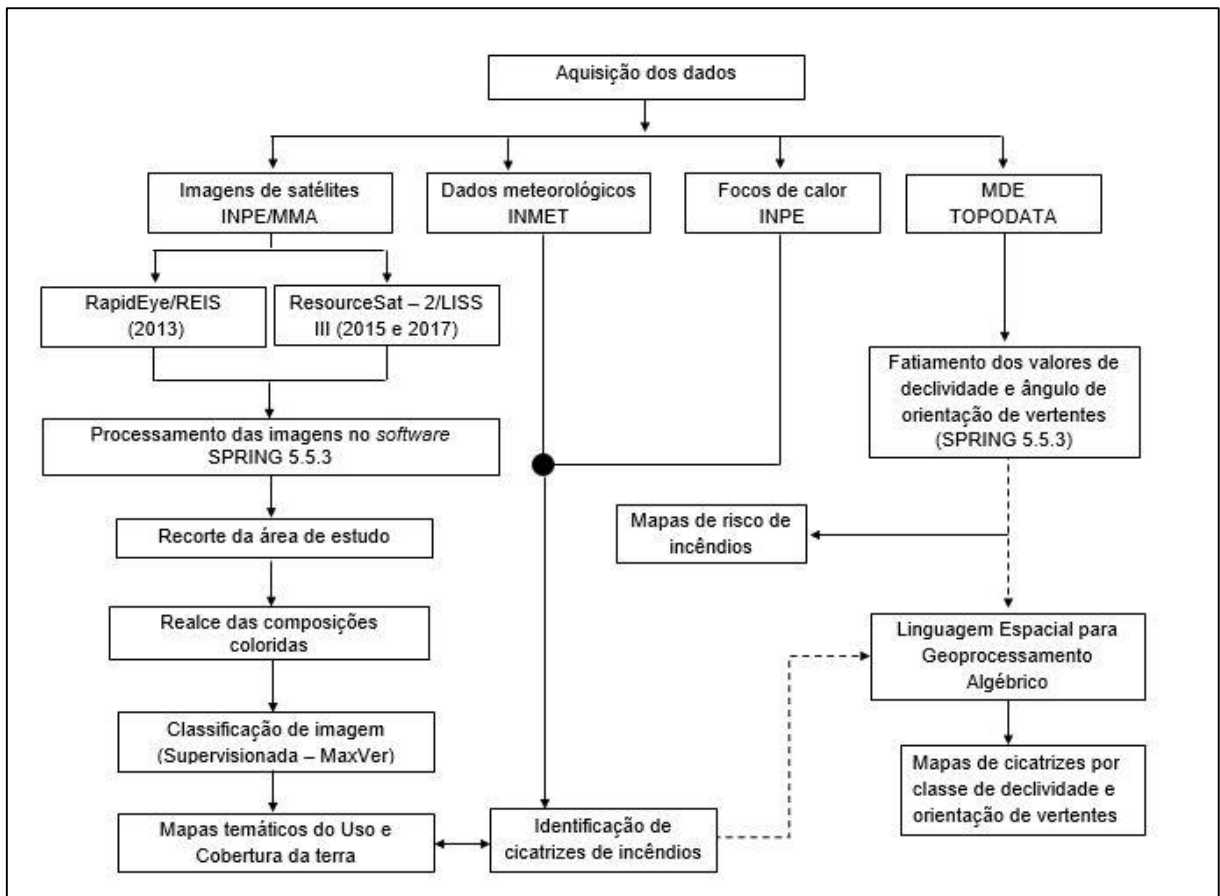
A precipitação média anual da região onde está localizado o PEP e APA Pirineus é de 1.695 mm e a temperatura média mensal é de 21,9 °C (MCT, 2006). Seu relevo é compreendido por um conjunto de serras alinhadas na direção Leste (E) – Oeste (W), com altitudes que variam em mais de 500 m e alta declividade (FILHO et al., 2012).

A região está inserida no bioma cerrado e portanto a sua vegetação compreende várias fitofisionomias que são características desse bioma, tais como, cerradão, cerrado, cerrado *sensu stricto*, campo-cerrado, campo-sujo, campo-limpo, campo-rupestre, campo-úmido e campo com murunduns, veredas, mata ciliar e mata de galeria (BOSQUETTI, 2008).

### **3.2 Procedimentos Metodológicos**

Preliminarmente para o desenvolvimento da pesquisa, realizou-se a busca de referencial teórico sobre aspectos relevantes a temática em questão. Em seguida definiu-se área de estudo, o PEP e a APA Pirineus. Posteriormente, seguiu-se a sequência metodológica representada na Figura 3, a qual incluiu etapas para a elaboração dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra e características do relevo, bem como a identificação de cicatrizes de incêndios.

Figura 3 - Fluxograma da metodologia de desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Autor (2018).

### 3.2.1 Avaliação da dinâmica espacial e temporal do uso e cobertura da terra

Para a avaliação da dinâmica espacial e temporal do uso e cobertura da terra do PEP e da APA Pirineus, foram utilizadas imagens do satélite RapidEye 1 (sensor REIS) referente ao *tile* 2231824 para o ano de 2013 e do satélite ResourceSat-2 (sensor LISS III) referente à órbita/ponto 327/088 para os anos de 2015 e 2017, os quais possuem resolução espacial de 6,5 m e 23,5 m respectivamente (Tabela 2).

As imagens de ambos os satélites são disponibilizadas gratuitamente, sendo que as do RapidEye são disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), mediante Termo de compromisso corporativo de uso das imagens RapidEye, e as do ResourceSat-2 pelo portal da Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - DPI/INPE.

Para a escolha das datas das imagens levou-se em consideração os meses mais secos do ano na região, entre junho, outubro e preferencialmente setembro, por ser o período em que ocorre a maior parte dos incêndios florestais no Cerrado. Além disso buscou-se adquirir

imagens que apresentassem baixa ou nenhuma cobertura de nuvens, o que foi possível devido ao baixo índice de precipitação nesse período no local (LOMBARDI, 2003).

Tabela 2 – Bandas utilizadas, órbita/ponto e data das imagens.

Satélite/Sensor	Bandas	Intervalo espectral ( $\mu\text{m}$ )	Órbita/ponto	Data
<b>RapidEye/REIS</b>	Banda 2	0,52-0,59 $\mu\text{m}$	2231824	29/07/2013
	Banda 3	0,63-0,69 $\mu\text{m}$		
	Banda 5	0,76-0,88 $\mu\text{m}$		
<b>ResourceSat-2/ LISS III</b>	Banda 2	0,52-0,59 $\mu\text{m}$	327/088	14/08/2015
	Banda 3	0,62-0,68 $\mu\text{m}$		20/09/2017
	Banda 4	0,77-0,86 $\mu\text{m}$		

Fonte: PLANET (2016); NRSC (2011).

Todas as etapas de processamento das imagens foram realizadas no *software* Spring 5.5.3. Assim, após a aquisição, as imagens foram importadas no formato *TIFF/GEOTIFF* (\*.tiff) para o *software*.

Devido as imagens utilizadas já contarem com correção geométrica feita pelos seus provedores e não apresentarem nuvens e/ou erros causados por falhas de detectores, não foi necessário submetê-las a nenhum procedimento de pré-processamento, ou seja, não foi feito a execução de nenhum tipo de operação para a correção radiométrica, geométrica e atmosférica.

A fim de reduzir a dimensionalidade dos dados e, conseqüentemente, o tempo de processamento computacional, as imagens foram recortadas a partir dos limites das UCs, os quais foram obtidos no site do MMA, no formato *shapefile* (\*.shp).

Posteriormente associou-se às bandas 2, 5 e 3 aos canais R, G e B para as cenas do RapidEye/REIS e as bandas 3, 4 e 2 aos canais R, G e B para as cenas do ResourceSat-2/LISS III, obtendo-se então as respectivas composições coloridas. Em ambos os arranjos de composições coloridas foram utilizadas bandas que correspondem às mesmas regiões espectrais nos respectivos sensores dos diferentes satélites (verde, vermelho e infravermelho próximo).

Estas composições coloridas auxiliaram na identificação dos alvos de interesse, os quais possuem respostas espectrais diferentes em cada uma das bandas utilizadas e se apresentam em tonalidades de cores diferentes de acordo com a banda associada a cada canal do sistema RGB.

Sobre as composições coloridas definidas, aplicou-se o realce de contraste linear, visando melhorar a qualidade visual da imagem, assim como facilitar a discriminação dos visual dos alvos (PONZONI, 2012).

Para a extração de informações das imagens, buscando o reconhecimento de padrões e objetos homogêneos (INPE, 2006), utilizou-se o método de classificação supervisionada *pixel a pixel*. Esse tipo de classificação fundamenta-se em um conhecimento prévio por parte do analista, das classes temáticas de interesse existentes na área de estudo. Para que a partir de então, possa ser feita a coleta de amostras de treinamento, selecionando-se *pixels* representativos de cada uma dessas classes.

A classificação supervisionada envolveu duas fases distintas, o treinamento e classificação propriamente dita. A fase de treinamento consistiu na coleta e apresentação para o sistema, de um conjunto de *pixels* representativos de cada classe de uso e cobertura da terra, e posterior agrupamentos de todos os *pixels* da imagem a ser classificada, em suas respectivas classes espectrais (MOREIRA, 2011).

As classes temáticas definidas para a classificação foram: formações florestais, formações savânicas/campestres, agropecuária, mineração e cicatrizes (Tabela 3). A definição das classes temáticas foi feita com em pesquisas anteriores devolvidas na área de estudo (SALMONA et al., 2014; BOSQUETTI, 2008).

Tabela 3 - Descrição das classes temáticas utilizadas no mapeamento de uso e cobertura da terra da APA Pirineus e PEP.

<b>Classes</b>	<b>Características</b>
Formações florestais	Áreas de reflorestamento, Mata de galeria, Mata ciliares e Cerradão.
Formações savânicas/campestres	Cerrado, Cerrado <i>sensu stricto</i> , Campo sujo, Campo limpo, Campo com murunduns, Campo úmido, Campo rupestre e Veredas.
Agropecuária	Área antrópica agrícola e Pecuária
Mineração	Áreas destinadas a extração de minerais
Cicatrizes	Áreas atingidas por incêndios

Fonte: Adaptado de Salmona et al. (2014); Bosquetti (2008).

O algoritmo adotado para a classificação supervisionada foi o Máxima Verossimilhança - MaxVer. Este classificador “assume que todas as bandas têm distribuição normal e calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica” (INPE, 2006). Este é um dos mais utilizados dentre os classificadores supervisionados (FITZ, 2008).

Visando estabelecer um limite para o processo de decisão de separabilidade (MENESES, 2012), admitiu-se um limiar de aceitação de 100%, o que resultou em uma imagem classificada sem rejeição, ou seja, todos os "*pixels*" foram classificados (INPE, 2006). O limiar é um valor positivo que indica a porcentagem de *pixels* da distribuição de probabilidade de uma classe que será classificada, como pertencente a esta mesma classe. Abaixo do limiar admitido, os pixels não são considerados pertencentes a classe analisada (MENESES, 2012).

Para avaliação estatística da acurácia da classificação em relação à verdade terrestre, utilizou-se o índice de concordância *Kappa* (K), que varia de 0 (concordância nula) a 1 (concordância perfeita), sendo este, um método bastante utilizado na avaliação dos resultados de classificação (MENESES, 2012).

A edição final dos mapas foi realizada pelo componente Scarta disponível no pacote do sistema Spring.

### **3.2.2 Identificação de cicatrizes de incêndios florestais**

A identificação de cicatrizes de incêndios em áreas do PEP e da APA Pirineus que foram atingidas por fogo nos anos de 2013, 2015 e 2017, nas datas específicas de análise, foi realizada a partir dos mapas de uso e cobertura da terra. Em síntese, durante o processo de classificação supervisionada – MaxVer, a partir do qual foi elaborado os mapas de uso e cobertura da terra, coletou-se amostras de áreas nitidamente atingidas pelo fogo e agrupou-as em uma classe denominada cicatrizes.

Para auxiliar na identificação das cicatrizes de incêndios e principalmente validar as áreas realmente atingidas, durante a fase de treinamento no processo de classificação foram utilizados dados de focos de calor detectados pelos satélites NOAAs-16 e 19, TERRA e AQUA, obtidos junto ao banco de dados do INPE, através do sistema de monitoramento de queimadas.

Ao final do processo de identificação e mapeamento das cicatrizes deixadas por incêndios florestais, realizou-se a avaliação e quantificação da extensão destas, bem como a verificação das áreas de cicatrizes de fogo nos diferentes tipos de cobertura do solo entre 2013 e 2017.



### **3.2.3 Relação entre dados meteorológicos e de uso e cobertura da terra com a incidência de incêndios florestais**

Considerando-se que o tipo de uso e cobertura da terra e as condições meteorológicas de determinada região apresentam grande influência na incidência de incêndios, foi feita a integração e relação dos referidos dados com ocorrência de incêndios tanto no PEP, quanto na APA Pirineus.

Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para todos anos avaliados foram utilizados dados oriundos da estação meteorológica convencional 83376 Pirenópolis-GO.

A avaliação da relação entre a incidência de incêndios e as condições meteorológicas foi feita observando-se dados meteorológicos de precipitação, umidade relativa do ar e temperatura máximas, registrados ao longo de 120 dias anteriores à data da imagem de satélite, para os três períodos avaliados 2013, 2015 e 2017. Desta forma, o período de 120 dias, para o ano de 2013 corresponde a dados meteorológicos obtidos entre o mês de abril e julho (data da imagem), em 2015 entre o mês de maio e agosto (data da imagem) e para 2017 do mês de junho ao mês de setembro (data da imagem).

O uso de dados meteorológicos registrados a 120 dias anteriores à data de interesse, se deu em função de que, de acordo com Setzer e Sismanoglu (2006), para o cálculo do risco de queima da vegetação, considera-se essencialmente o histórico da precipitação nos últimos 120 dias, bem como dados da temperatura máxima, da umidade relativa do ar, tipo de vegetação e a ocorrência de focos.

Para melhor compreensão desta relação, também foram elaborados gráficos com informações relativas aos dados meteorológicos anteriormente mencionados e a quantidade de focos de calor detectados pelos satélites AQUA, TERRA, NOAAs 16 e 19, os quais foram obtidos no banco de dados de queimadas disponibilizado pelo INPE. É importante salientar que os focos de calor disponibilizados pelo INPE, não representam, necessariamente, a ocorrência de incêndio (NERY, 2011).

A avaliação da relação entre o uso e cobertura da terra e incidência de incêndios, foi feita associando-se a localização das cicatrizes deixadas pelo fogo, com as classes de uso e cobertura da terra, identificadas e mapeadas, próximas às mesmas

### 3.2.4 Risco de incêndio e presença de cicatrizes de acordo com as características do relevo

O relevo é um fator preponderante na ocorrência e propagação de incêndios florestais. A propagação do fogo, bem como sua ignição estão diretamente ligadas a declividade e a orientação de vertentes do terreno (LIZ, 2014). Tendo em vista isso, a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), da folha 15S495, disponibilizado por meio do projeto TOPODATA/INPE, o qual apresenta resolução espacial de 30 metros, foram analisados o risco de incêndio e presença de cicatrizes no PEP e APA dos Pirineus de acordo com os aspectos relativos à declividade e orientação de encostas do terreno.

Para o mapa temático relacionado a declividade, utilizou-se a classificação de perigo de incêndio florestal efetuada por Liz (2014), que associa o maior grau de inclinação do terreno com ao acréscimo do perigo de incêndio florestal. Desta forma, no *software* SPRING 5.5.3, os valores de declividade do terreno foram fatiados em seis classes que correspondem aos perigos, nulo, baixo, moderado, alto, muito alto e extremo (Tabela 4).

Tabela 4 – Classes de perigo de incêndio florestal de acordo com a declividade.

Declividade (°)	Risco
0 - 5	Nulo
5 - 10	Baixo
10 - 25	Moderado
25 - 35	Alto
35 - 45	Muito Alto
45-90	Extremo

Fonte: Adaptado de Liz (2014).

O mapa temático referente a orientação de encostas, também foi elaborado no *software* SPRING 5.5.3, onde o ângulo de orientação do terreno que varia de 0° a 360° foi fatiado em cinco classes, as quais foram propostas por Torres et al. (2010a). Cada uma das classes foram associadas a sua respectiva face de exposição (Sul, Leste, Oeste e Norte). A interpretação das classes de risco para a orientação de vertentes baseou-se na classificação sugerida por Ferraz e Vettorazzi (1998) (Tabela 5).

A integração e cruzamento dos dados referentes as cicatrizes e as características do relevo, foi feita através da álgebra de mapas, aplicando-se a técnica de Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) disponível no *software* Spring 5.5.3. Para

execução desse processo utilizou-se os mapas temáticos de declividade, orientação de vertentes e de uso e cobertura da terra, os quais continham mapeadas as cicatrizes.

Tabela 5 - Classes de perigo de incêndio florestal de acordo com a orientação de vertentes.

Orientação das vertentes		Observação	Risco
135 ° - 225°	Sul	Menor incidência solar e ventos	Baixo
225° - 315°	Oeste		
45° - 135°	Leste	Maior incidência de ventos	Alto
0° - 45°	Norte	Maior incidência solar - aquecimento da vegetação	
315 °- 360°	Norte		

Fonte: adaptado de Torres et al. (2010a); Ferraz e Vettorazzi (1998).

Um programa em LEGAL é estruturado em três partes: declarações onde definem-se variáveis de trabalho; instanciação onde recuperam-se os dados já existentes do banco de dados ou cria-se um novo Plano de Informação (PI) e operação na qual realizam-se as operações da álgebra de mapas (INPE, 2006).

Assim, na programação do LEGAL inicialmente foram definidas as variáveis de trabalho na seção de declaração. Ao realizar esse procedimento, o programa foi informado sobre quais as categorias seriam utilizadas, pois cada variável de trabalho recebeu uma denominação específica e foi associada a sua respectiva categoria.

Na seção de instanciação, os dados já existentes no banco de dados, foram recuperados por meio do comando “Recupere”, o qual foi associado ao nome da variável desejada. Além disso, nesta seção ainda foi criado um novo PI associado aos resultados das operações utilizadas no LEGAL.

Para descrever a operação a ser executada no programa, para definir as relações entre classes, na seção operação, definiu-se ações, através da construção de expressões. Por fim, executou-se o programa LEGAL, gerando-se novos mapas temáticos, incluindo a classe cicatrizes sobreposta as classes de declividade e orientação de vertentes.

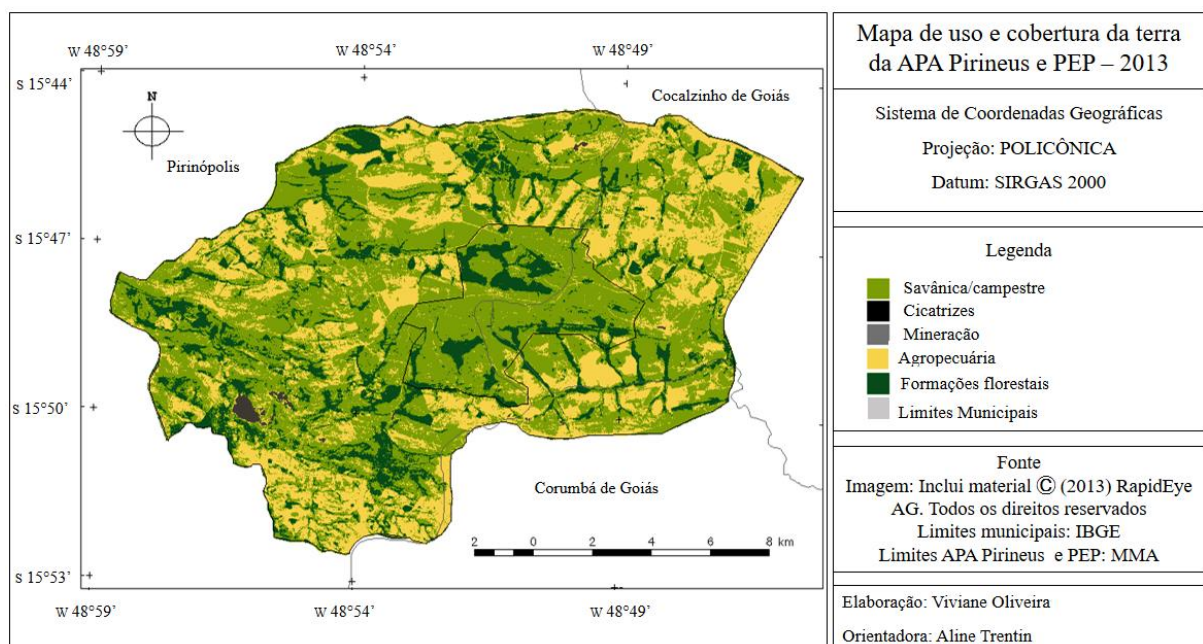
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação da dinâmica espacial e temporal do uso e cobertura da terra

O algoritmo classificador MaxVer apresentou resultados satisfatórios, com desempenho geral (2013:98,26%, 2015:98,97%, 2017:98,93%) elevado para todos os anos de estudo. A confiabilidade da classificação, medida pelo índice *Kappa*, para os mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 2013, 2015 e 2017, foram de 96,99%, 98,5% e 98,55%, respectivamente. Considerando-se a escala proposta por Landis e Koch (1977), os resultados obtidos para o índice, inferem exatidão e excelência na qualidade da classificação temática.

O mapeamento do uso e cobertura da terra permitiu detectar e analisar as mudanças temporal e espacial, na dinâmica de uso e ocupação da terra na APA Pirineus e PEP, nos períodos de 2013, 2015 e 2017 (Figura 4, 5 e 6). De maneira geral, a partir análise espacial das classes de uso e cobertura da terra, verificou-se que ambas as unidades de conservação possuem grandes extensões de suas superfícies cobertas por vegetação nativa, principalmente, por formação savânica/campestre.

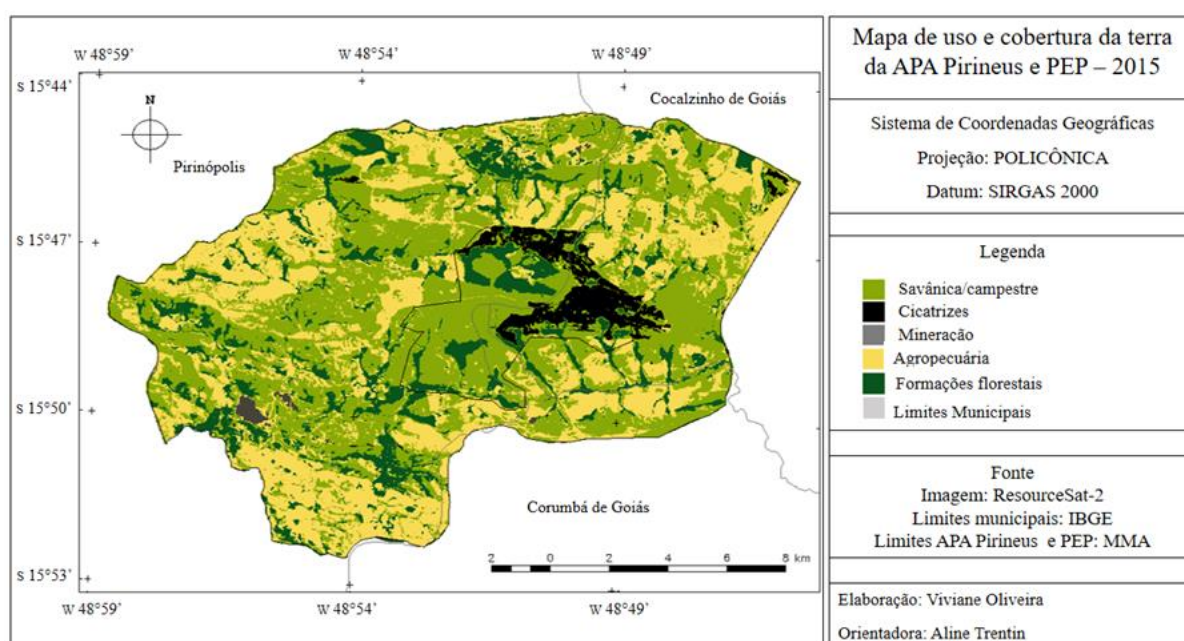
Figura 4 - Mapa de uso e cobertura da terra da APA Pirineus e PEP, localizados no estado de Goiás, no ano de 2013.



Fonte: Autor (2018).

Com relação APA Pirineus, é possível observar por meio do mapeamento temático, que a mesma é predominantemente antropizada, tendo como principal uso a agropecuária. No que diz respeito ao PEP, foram constatadas mudanças intensas ocorridas em sua cobertura, principalmente nos anos de 2015 (Figura 5) e 2017 (Figura 6), nos quais foram mapeadas extensas áreas de cicatrizes, resultantes da ocorrência de incêndios florestais de grandes proporções nesse anos.

Figura 5 - Mapa de uso e cobertura da terra da APA Pirineus e PEP, localizados no estado de Goiás, no ano de 2015.

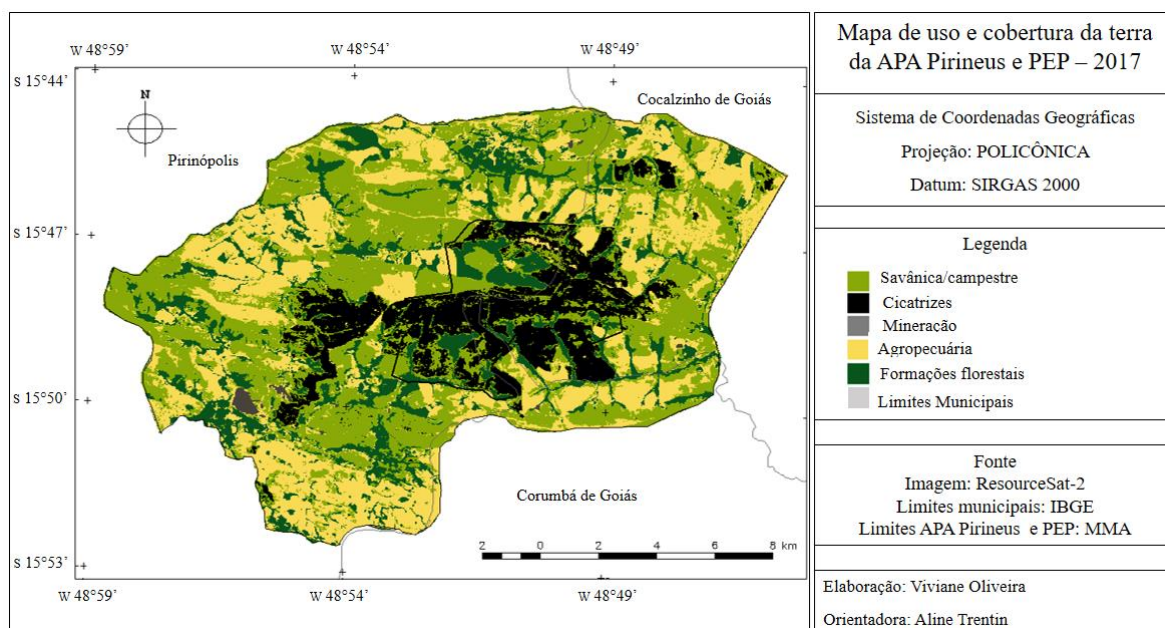


Fonte: Autor (2018).

A quantificação das classes de uso e cobertura da terra, gerada a partir da classificação digital de imagens, mostrou que a classe de maior predominância na APA Pirineus, nos anos de 2013 (52,70%), 2015 (46,19%) e 2017 (41,88%), foi a savânica/campestre (Tabela 6). Os maiores valores encontrados para essa classe em todos os anos, podem ser justificados pelo fato de que na mesma foram consideradas as fitofisionomias relativas a campo sujo, campo limpo, campo com murunduns, campo úmido, campo rupestre, veredas, cerrado, cerrado *sensu stricto*.

No presente estudo foi necessário considerar a classe de formações savânicas e formações campestres como uma única classe, visto que as assinaturas espectrais destas formações são muito semelhantes, não sendo classificadas por amostragem de pixels (RIBEIRO, 2016).

Figura 6 - Mapa de uso e cobertura da terra da APA Pirineus e PEP, localizados no estado de Goiás, no ano de 2017.



Fonte: Autor (2018).

A classe agropecuária, foi a segunda classe de maior representatividade na área da APA. Em todos os anos de estudo a classe de uso agropecuária ocupou mais de 30% da área total da APA. A classe mineração, correspondeu a de menor abrangência na APA Pirineus, tendo sua maior representatividade no ano de 2015 com 76,32 ha. A mineração, conjuntamente com a agropecuária, referem-se as principais atividades econômicas, desenvolvidas na área de estudo.

Tabela 6 - Quantificação das classes de uso e cobertura da terra na APA Pirineus, nos anos de 2013, 2015 e 2017.

Classes	2013		2015		2017	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Formações Florestais	2672,10	13,88	2611,29	13,55	3064,27	15,91
Savânica/Campestre	10149,18	52,70	8896,16	46,19	8062,24	41,88
Agropecuária	6362,40	33,03	7533,88	39,12	6709,67	34,83
Mineração	75,77	0,39	76,32	0,40	73,71	0,38
Cicatrizes	0,00	0,00	141,80	0,74	1349,56	7,00

Fonte: Autor (2018).

De acordo com Filho et al. (2012), a exploração de minerais teve grande importância na ocupação e desenvolvimento dos municípios onde se localiza a APA Pirineus. No entanto com

o passar dos anos a região voltou-se também para a agropecuária, passando esta, a ser uma atividade de peso na economia dos municípios de Pirinópolis, Cocalzinho e Corumbá.

A APA é uma categoria de UCs de uso sustentável, na qual é permitido por Lei a ocupação humana e o desenvolvimento de atividades antrópicas (BRASIL, 2000). Porém, a ocupação do solo e desenvolvimento de atividades nessas áreas deve ser feita de forma ordenada e planejada, para que o objetivo da mesma, que segundo o SNUC (Lei nº 9.985 de 2000), é “proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”, seja assegurado.

A classe cicatrizes teve a sua maior expressividade na APA Pirineus no ano de 2017, onde área total queimada, detectada pela quantificação das classes, foi de 1349,56 ha, o que equivale a 7% da área da UCs. Em 2015, o incêndio registrado na APA foi de menor proporção com relação ao ano de 2017, portanto a abrangência da classe cicatrizes nesse ano foi de 141,80 ha. Em 2013, devido a não ocorrência de incêndios na área, anterior à data da imagem utilizada, não houve a quantificação de área referente a essa classe.

De acordo com o ICMBio (2014), frequentemente as UCs estão sujeitas à ameaças e pressões antrópicas, tais como a exploração de recursos minerais licenciados ou não, conversão do uso do solo em áreas de agropecuária, incêndios de origem antrópica ou natural, expansão urbana dentre outras. Dentro desse contexto, verifica-se que tanto a APA Pirineus, quanto o PEP, encontram-se expostos a várias dessas pressões e ameaças. Isso torna indispensável prevenir e mitigar os impactos por elas causados, para que estas UCs de fato cumpram com seu propósito de criação.

A abrangência da classe formações florestais, composta pelas áreas de reflorestamento, mata de galeria, mata ciliares, e cerradão, na APA Pirineus foi de 13,88%, 13,55% e 15,91% para os anos de 2013, 2015 e 2017 respectivamente

Com relação ao PEP, a quantificação das classes apontou que o mesmo possui cobertura de sua superfície diferenciada a observada na APA Pirineus. Diferentemente do que foi verificado na área da APA Pirineus, no interior do PEP não foi identificado/mapeado área de mineração. Entretanto, em todos períodos avaliados foram registradas ocorrências da classe agropecuária no interior do PEP, onde em 2013 a mesma representou 5,76% da área, em 2015 4,97% e em 2017 2,43% (Tabela 7). Estas áreas podem ser resultado do processo de desapropriação de propriedades rurais, após o decreto de criação do PEP (SALMONA et al., 2014).

Tabela 7 - Quantificação das classes de uso e cobertura da terra no PEP, nos anos de 2013, 2015 e 2017.

Classes	2013		2015		2017	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Formações Florestais	577,78	20,39	558,49	19,71	526,40	18,58
Savânica/Campestre	2092,37	73,85	1418,83	50,08	748,26	26,41
Agropecuária	163,11	5,76	140,89	4,97	68,83	2,43
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cicatrizes	0,00	0,00	715,05	25,24	1489,77	52,58

Fonte: Autor (2018).

A pequena quantidade de área referente a agricultura, encontrada no interior do parque, que se trata de uma UC de proteção integral, contrapõe o disposto nas legislações ambientais. De acordo com o previsto pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, obrigatoriamente as áreas do parque devem ser mantidas livres de alterações causadas por interferência humana, sendo permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Além disso, no que tange aos parques, a Lei dispõe ainda que as áreas particulares incluídas em seus limites deverão ser desapropriadas (BRASIL, 2000).

A classe savânica/campestre se manteve como predominante no PEP, em todos os períodos de estudo, com exceção para o ano de 2017, quando a classe ocupou menos de 50% da área total do PEP, em função de ter sido fortemente atingida por um incêndio. O oposto ocorreu para a classe formações florestais nesse mesmo ano, a qual teve pequena parte de sua área atingida pelo incêndio, ao contrário da savânica/campestre. Desta forma, as formações florestais representaram 20,39% da área do PEP em 2013, 19,71% em 2015 e 18,58% em 2017.

Em 2013 não houve registro/quantificação de áreas referente a classe cicatrizes, devido a não ocorrência de incêndio na data da imagem utilizada, como mencionado. Já em 2015 a sua representação em relação área total da UC foi de 25,24%, tendo sua maior área verificada em 2017 onde 52,58% da área da UC foi afetada pelo fogo.

Ao realizar uma análise evolutiva das classes de uso e cobertura da terra, na APA Pirineus e PEP, ao longo dos períodos avaliados, foi possível averiguar as reduções e expansões de cada classe, e assim detectar as mudanças ocorridas. Na APA Pirineus, pôde-se observar que no período de 2013-2015 houve uma redução de áreas da classe savânica/campestre em 6,51%, podendo estar associada principalmente à expansão de áreas da classe agricultura em 6,9% (Tabela 8).



Tabela 8 - Expansão e redução de áreas das classes de uso e cobertura da terra entre os períodos de 2013-2015, 2015-2017 e 2013-2017 na APA Pirineus.

Classes	2013-2015	2015-2017	2013-2017
	(%)	(%)	(%)
Formações Florestais	-0,33	2,36	2,03
Savânica/Campestre	-6,51	-4,31	-10,82
Agropecuária	6,09	-4,29	1,80
Mineração	0,01	-0,02	-0,01
Cicatrizes	0,74	6,26	7,00

Fonte: Autor (2018).

No período de 2015-2017, verificou-se um decréscimo de áreas semelhantes nas classes savânica/campestre e agropecuária de 4,31% e 4,29%, sendo que nesse mesmo período houve a expansão da classe cicatrizes em 6,26%. Considerando o período total de 2013-2017, os valores percentuais mais expressivos referem-se a classe a savânica/campestre a qual teve uma redução de áreas acentuada de 10,82% e a classe cicatrizes, cuja a expansão de áreas foi de 7%.

Em relação às mudanças ocorridas nas áreas das classes entre períodos, observa-se que a classe formações florestais apresentou redução no período de 2013-2015 e expansão no período de 2015-2017. A classe savânica/campestre apresentou redução de áreas, em diferentes percentagens, entre os períodos de 2013-2015 e 2015-2017, assim como no período total 2013-2017. A classe agropecuária teve oscilações em sua área, com redução de áreas apenas no segundo período de estudo. A classe mineração se manteve praticamente estável no período de estudo e a classe cicatrizes apresentou variação expressivas, com uma expansão progressiva de áreas nos dois primeiros períodos, bem como, no período total.

No que concerne às mudanças na dinâmica espaço-temporal de uso cobertura do PEP, constatou-se que o padrão de reduções e expansões de áreas das classes dentro de cada período foi bastante similar, com diferenças apenas em termos de percentuais de cada classe. Assim, dentro de todos os períodos, pôde-se observar que houve redução de áreas nas classe formações florestais, savânica/campestre e agropecuária e, expansão de áreas da classe cicatrizes. Possivelmente a redução das três classe possui relação direta com a expansão da área das cicatrizes, sendo a classe savânica campestre, claramente a mais influenciada por esta expansão (Tabela 9).

Tabela 9- Expansão e redução de áreas das classes de uso e cobertura da terra entre os períodos de 2013-2015, 2015-2017 e 2013-2017 no PEP.

Classes	2013-2015	2015-2017	2013-2017
	(% )		
Formações Florestais	-0,68	-1,13	-1,81
Savânica/Campestre	-23,77	-23,67	-47,44
Agropecuária	-0,79	-2,54	-3,33
Mineração	0,00	0,00	0,00
Cicatrizes	25,24	27,34	52,58

Fonte: Autor (2018).

Entre períodos, verificou-se que no PEP, as expansões e reduções de áreas das classes acompanharam o mesmo padrão que ocorreu dentro dos respectivos períodos, apresentando também diferenças apenas em termos de percentuais de cada classe. Portanto, as classes formações florestais, savânica/campestre e agropecuária apresentaram reduções entre os períodos de 2013-2015 e 2015-2017. Paralelamente a isso, a classe cicatrizes, apresentou expansão sucessiva de áreas entre os referidos períodos.

Para o período total (2013-2017), verificou-se o decréscimo das classes formações florestais (1,81%), savânica/campestre (47,44%) e agropecuária (3,3%). Diante deste cenário houve um acréscimo da classe cicatrizes em 52,50%, no período de estudo.

#### 4.2 Identificação de cicatrizes de incêndios florestais

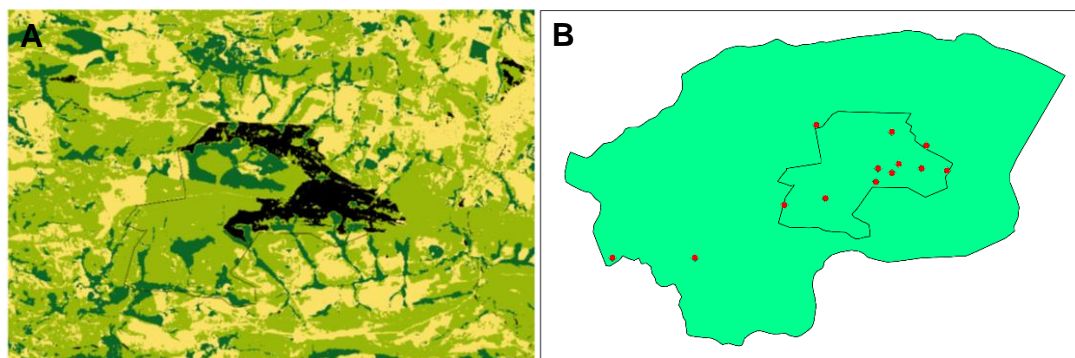
Os resultados obtidos a partir do mapeamento do uso e cobertura da terra para a APA Pirineus e PEP, permitiram identificar cicatrizes de incêndios em dois (2015 e 2017) dos três anos avaliados. As análises da classificação digital, evidenciaram que a utilização das bandas 2 (0,52 - 0,59  $\mu\text{m}$ ), 3 (0,62 - 0,68  $\mu\text{m}$ ) e 4 (0,77 - 0,82  $\mu\text{m}$ ), localizadas na faixa do visível e infravermelho próximo, do sensor LISS III, que possui resolução espacial de 23,5 m, possibilitaram a identificação de forma confiável de áreas com cicatrizes de incêndios.

Libonati et al. (2010) afirmam que a região do infravermelho próximo é uma das mais indicadas para o mapeamento de cicatrizes. A composição colorida gerada com uso da banda 4 que está localizada nessa faixa espectral, associada às bandas 2 e 3, apresentou-se adequada, tornando a classificação supervisionada eficiente na identificação das cicatrizes, não sendo necessário com isso lançar mão da interpretação visual para realização desse processo.

Por meio da análise espacial das áreas de cicatrizes, foi possível verificar em 2015 extensas áreas queimadas ao norte e ao leste do PEP. Observa-se que as cicatrizes referentes a porção leste do PEP, se estenderam além de seus limites, abrangendo uma pequena parte da área da APA Pirineus (Figura 7A).

Em ambos os anos, onde foram identificadas áreas queimadas, os focos de calor disponibilizados pelo INPE, foram importantes para auxiliar tanto na localização da cicatrizes, quanto na validação das áreas realmente atingidas. O uso dos dados de focos de calor permitiram verificar que as pequenas cicatrizes esparsas identificadas próximas aos limites da APA, especificamente na porção norte e leste da mesma, se tratam de áreas savânica/campestre (Figura 7B). Isso deu provavelmente devido ao confusão espectral mínima entre essas duas classes.

Figura 7 - Recorte do mapa de uso e cobertura da terra evidenciando cicatrizes de incêndios no ano de 2015 na APA Pirineus e PEP (A) e distribuição espacial dos focos de calor registrados na APA Pirineus e PEP em 2015 (B).



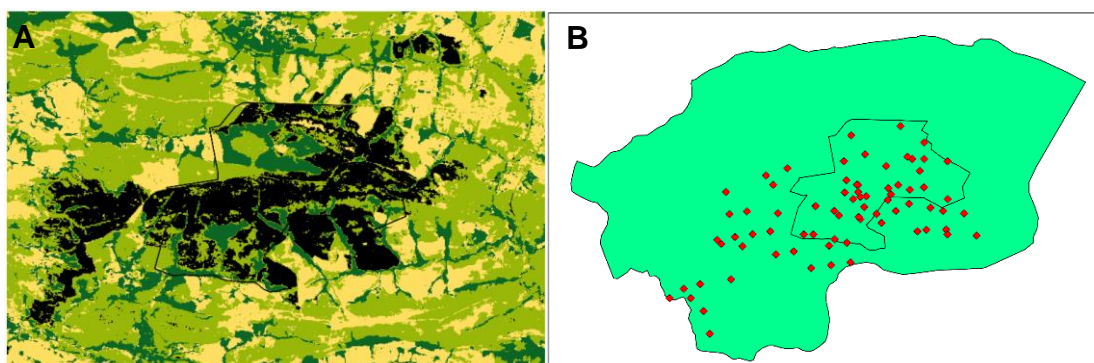
Fonte: Autor, (2018).

No ano de 2017, as cicatrizes tanto na APA quanto no PEP, tiveram abrangências bem superiores às do ano de 2015, caracterizando esse ano como o de maior registro de áreas atingidas por fogo. Na APA as cicatrizes se localizaram principalmente ao oeste da área, em Pirenópolis. Na porção norte da APA, em Cocalzinho, assim como em 2015, áreas pertencentes a classe savânica/campestre foram identificadas como pequenas cicatrizes, porém, com base na localização dos focos de calor é possível considerar que não sejam áreas efetivamente afetadas por incêndios (Figura 8A e 8B). Adicionalmente, essa constatação permite verificar que houve coerência espacial entre a localização dos focos de calor e as áreas de cicatrizes mapeadas.

Com relação ao PEP, em função das extensas cicatrizes detectadas em grande parte de sua área em 2017, é possível considerar que pode ter ocorrido um incêndio de grandes

proporções na UC neste ano. Fiedler et al., 2004 ressaltam que mesmo o cerrado, um ecossistema adaptado à ocorrência do fogo, pode sofrer impactos negativos na estrutura e composição de sua vegetação dependendo da frequência e intensidade desse evento.

Figura 8 - Recorte do mapa de uso e cobertura da terra evidenciando cicatrizes de incêndios no ano de 2017 na APA Pirineus e PEP (A) e distribuição espacial dos focos de calor registrados na APA Pirineus e PEP em 2017 (B).



Fonte: Autor (2018).

Quanto à forma de distribuição das cicatrizes, nos dois anos avaliados, elas mantiveram um mesmo padrão, geralmente contínuas e concentradas, sem ocorrências de forma mais esparsas. Já com relação a frequência com que a mesma área foi atingida, observou-se que o PEP teve as mesmas áreas atingidas por incêndios nas porções norte e leste, nos dois anos avaliados.

Tendo em vista isso, e diante dos resultados obtidos com relação às cicatrizes no interior do PEP, fica evidente a necessidade de medidas para tentar evitar a ocorrência frequente de incêndios de grande magnitudes nesta UC. Rodrigues et al. (2018), afirma que atualmente a disponibilidade de informações detalhadas e atualizadas sobre as distribuições espaciais e temporais das áreas queimadas em UCs é fundamental, para a melhor gestão dos recursos naturais dessas áreas e também dimensionar o impacto causado pelo fogo nas mesmas.

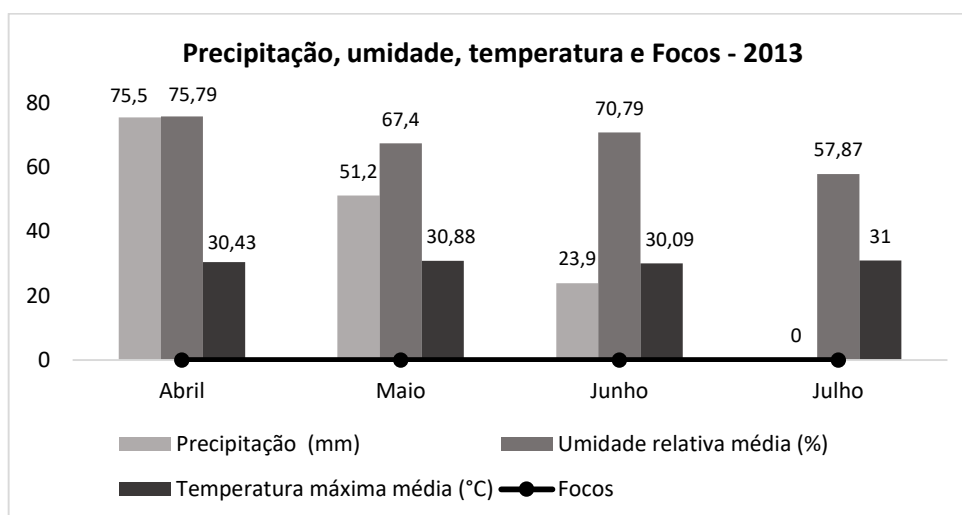
#### **4.3 Relação entre dados meteorológicos e de uso e cobertura da terra com a incidência de incêndios florestais**

A análise dos dados meteorológicos para os 120 dias que antecederam a data da imagem, em 2013, pôde-se observar que o máximo de precipitação foi de 75,5 mm. A temperatura máxima média, manteve-se em torno dos 30 °C, com pequenas variações superiores a esse

valor. A umidade relativa manteve-se relativamente alta, variando entre 57,87% a 75,79% (Figura 9).

Em julho, mês referente a data da imagem (29/07/2013), apesar da precipitação nula e temperaturas altas, não foram detectados focos de calor, nem a ocorrência de incêndios, como comprovado pela imagem. Esse fato pode estar relacionada a umidade relativamente alta antes e durante o referido mês, bem como a ocorrência de precipitação nos meses anteriores. Torres et al. (2010b) comentam que a umidade relativa possui alta correlação com a ocorrência de incêndios, estando intimamente relacionada com a umidade do material combustível. A precipitação por sua vez, também é decisiva nas ocorrências, pois a quantidade de chuva afeta diretamente o número de incêndios em vegetação.

Figura 9 - Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperatura máxima e número de focos de calor na APA Pirineus e PEP em 2013.

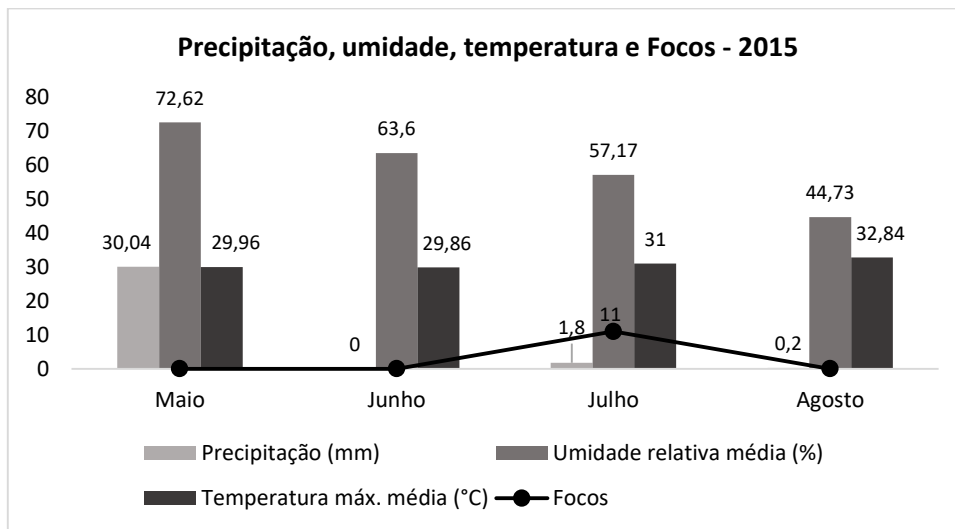


Fonte: Autor (2018).

As médias mensais registradas para 2015, referente aos 120 dias anteriores à data da imagem, permitiram observar que a precipitação esteve entre 0 mm a 30,04 mm, a umidade relativa manteve-se entre 44,73% a 72,62% e a temperatura variou entre 29,96 °C a 32,84 °C, porém seguindo quase o mesmo padrão do ano de 2013 (Figura 10).

Para o mês de julho, onde registrou-se precipitação extremamente baixa e temperaturas altas, foram detectados 11 focos de calor e a ocorrência de incêndio na área de estudo, cujas cicatrizes puderam ser detectadas na imagem utilizada no mapeamento, a qual é do mês de agosto (14/08/2015). De maneira geral, nos demais meses que compreendem os 120 dias, não foram detectados focos e nem a ocorrência de incêndio.

Figura 10 - Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperatura máxima e número de focos de calor na APA Pirineus e PEP em 2015.



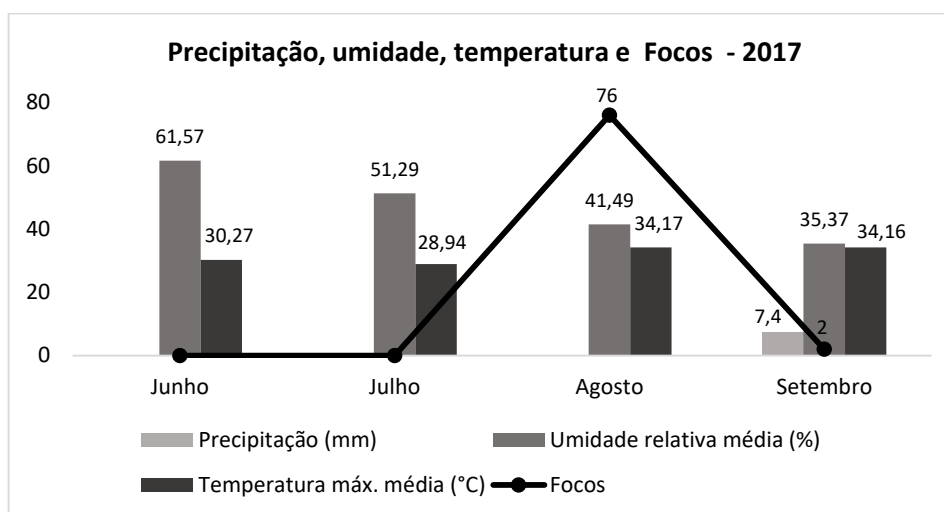
Fonte: Autor (2018).

Em 2017, a precipitação foi nula em quase que absolutamente todo o período que compreende os 120 dias anteriores à data da imagem. A temperatura manteve-se elevada, chegando a atingir 34,17 °C e a umidade manteve-se entre 35,37% a 61, 57% (Figura 11). Assim como nos outros anos avaliados, considerando o registro de focos também para o mesmo período dos dados meteorológicos, verificou-se que em 2017 foram registrados o maior número de focos de calor e o incêndio de maior proporção registrado dentro do período de estudo (2013-2017).

A maior incidência de focos de calor, bem como a ocorrência de um incêndio de grandes extensões neste ano, coincidiram com o registro de precipitação nula ou extremamente baixa, umidade relativa relativamente baixa e temperaturas altas, para grande parte dos meses que compreendem os 120 dias. No total foram registrados 78 focos, sendo 76 em agosto, mês anterior à data da imagem, portanto, as cicatrizes causadas pelo fogo nesse mês foram detectadas na imagem utilizada, que corresponde ao mês de setembro (20/09/2017).

Os resultados obtidos mostraram que pode existir relação direta entre a incidência dos incêndios registrados pelas imagens utilizadas e os dados meteorológicos referentes ao 120 dias anteriores à data de captura das imagens.

Figura 11 - Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperatura máxima e número de focos de calor na APA Pirineus e PEP em 2017.



Fonte: Autor (2018).

No que tange a relação entre uso e cobertura da terra com a incidência de incêndios na APA Pirineus e no PEP, foi possível verificar com base nos resultados da identificação das cicatrizes nos mapas temáticos que, em ambos os anos (2015 e 2017) em que ocorreram incêndios, as cicatrizes estiveram associadas às classes agropecuária e a classe savânica/campestre. Dessa forma, possibilita reconhecer que esses tipos de uso e cobertura da terra identificados nas UCs possuem relação com a recorrência de incêndios nessas áreas.

O fato de que as cicatrizes foram identificadas em imagens que são referentes aos meses de seca na região, reforça a ideia de que a origem do fogo possa estar vinculada às atividades antrópicas, pois na época da seca não ocorrem tempestades de raios que caracterizam as queimadas naturais (RIBEIRO, 2016).

Medeiros e Fiedler (2004) afirmam que em geral, grande parte dos incêndios florestais em UCs tem origem em atividades antrópicas. Dentre as atividades que contribuem em maior escala para a origem dos incêndios nessas áreas está a agropecuária (BOMFIM, 2003). No cerrado é comum a prática do uso do fogo em sistemas de produção, como agricultura e pecuária. No entanto, o uso incorreto do fogo para a renovação de pastagens e limpeza de áreas (FIEDLER et al., 2004), causa acidental ou intencionalmente, os incêndios florestais que atingem as UCs (BONTEMPO, 2011).

Corroborando com os resultados aqui observados, atualmente em outras UCs no cerrado ou em outros biomas também tem sido verificado ocorrência de incêndio com frequência, e que possuem relação direta com o manejo do fogo na agropecuária. Medeiros e Fiedler, (2003)

constaram que as queimadas para o manejo agropecuário é uma das atividades antrópicas que contribuem com a ocorrência de incêndios florestais de grandes dimensões no Parque Nacional da Serra da Canastra. Leite et al. (2017), afirma que a ocorrência de incêndios no Parque Nacional da Chapada Diamantina, estão diretamente relacionados com o uso incorreto do fogo para renovação de pastagens e limpeza de restos de culturas.

Com relação ao tipo de cobertura, os resultados da identificação de cicatrizes nos mapas de uso e cobertura deixaram evidente, que a classe savânica/campestre foi a mais atingida pelo fogo. Segundo Miranda e Sato (2005) as fisionomias de Cerrado mais susceptíveis a frequente incidência do fogo são aquelas mais abertas, isto é, as campestres e savânicas, pois possuem grande predominância de gramíneas e também arbustos de pequeno porte.

É importante ressaltar que o fogo em si não é um problema, tendo em vista que as formações savânica/campestre coevoluíram com este (RIBEIRO, 2016). Porém a forma e a frequência com que essas formações têm sido atingidas por esses eventos de grandes proporções, nos remete a necessidade de saber se estes incêndios não estão comprometendo a conservação e biodiversidade desta vegetação.

#### **4.4 Risco de incêndio e presença de cicatrizes de acordo com as características do relevo**

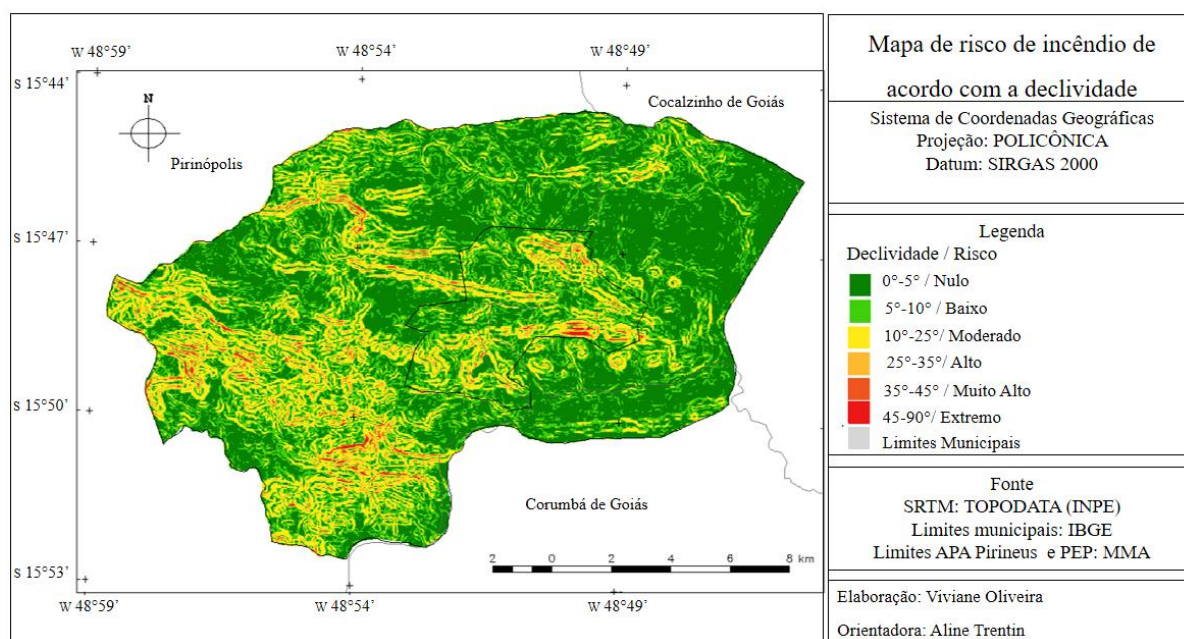
A partir das informações de geomorfologia referente a declividade e orientação de vertentes disponibilizadas pelo projeto TOPODATA, foi possível gerar mapas de risco de incêndio para a APA Pirineus e PEP.

A declividade refere-se ao ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal, podendo variar de 0° a 90° (VALERIANO, 2008). Sua influência é grande na propagação do fogo, pois contribui para o pré-aquecimento dos materiais combustíveis (OLIVEIRA, 2002).

De maneira geral, a área é ocupada em sua grande maioria pelas classes de risco de incêndio nulo e baixo, as quais estão associadas a declividade 0°-5° e 5°-10° respectivamente. Em alguns pontos mais específicos, como nas porções noroeste e sudoeste da APA Pirineus e nas porções sudeste e nordeste do PEP, nota-se a predominância das classes de risco moderado a extremo (Figura 12).



Figura 12 - Mapa de risco de incêndio de acordo com a declividade do terreno na área da APA Pirineus e do PEP.



Fonte: Autor (2018).

De acordo com a classificação de risco proposta por Liz (2014), a maior porção da APA, apresenta risco nulo (49,42%) ou baixo (27,37%) de incêndio em função da baixa taxa de propagação do fogo nesses locais (Tabela 10). Ribeiro et al. (2008), enfatiza que a propagação do fogo tende a ser mais rápida nos aclives e mais lenta nos declives. Portanto, áreas de aclives acentuados são consideradas de maior risco, devido a transferência de calor ser facilitada no sentido do aclive, aumentando a velocidade de propagação do fogo.

Tabela 10 - Área da APA Pirineus e PEP por classe de risco de acordo com a declividade.

Declividade (°)	Risco	APA Pirineus		PEP	
		Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
0 - 5	Nulo	9518,95	49,42	995,95	35,15
5 - 10	Baixo	5272,35	27,37	891,27	31,46
10 - 25	Moderado	3791,72	19,69	783,11	27,64
25 - 35	Alto	495,87	2,58	113,40	4,00
35 - 45	Muito Alto	132,62	0,69	32,70	1,15
45-90	Extremo	48,00	0,25	16,83	0,59

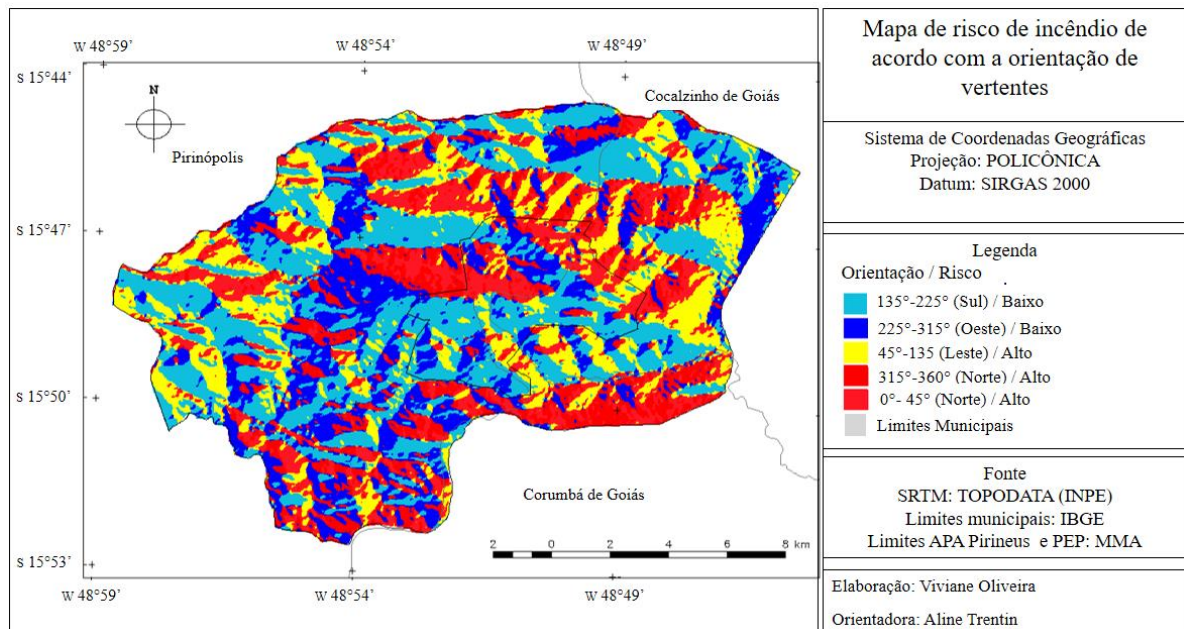
Fonte: Autor (2018).

As classes de risco baixo e nulo também apresentaram maior extensão no PEP, representando conjuntamente 66,61% da sua área. Devido ao menor predomínio de áreas íngremes, em ambas as UCs as classes de risco alto a extremo não tiveram grande representatividade. Já o risco moderado representou 19,69% da APA e 27,64% PEP.

“A orientação de vertentes é definida como o ângulo azimutal correspondente à maior inclinação do terreno, no sentido descendente e é expressa em graus, de 0° a 360°” (Valeriano, 2008). Esse é um fator que está diretamente ligado a quantidade de radiação solar incidente em determinado ambiente e com a temperatura em que este se encontra. Isso influencia na umidade do material combustível, tornando-o mais ou menos vulnerável a ignição (RIBEIRO et al., 2008).

Com relação ao risco de acordo a orientação de vertentes, verificou-se que as áreas da APA Pirineus e PEP são ocupadas de forma homogênea pelas classes de risco de incêndio de acordo com as faces que encontram-se expostas. Desta forma, as UCs possuem áreas que intercalam-se entre porções que correspondem aos riscos de incêndio baixo e alto (Figura 13).

Figura 13 - Mapa de risco de incêndio de acordo com a orientação de vertentes na área da APA Pirineus e do PEP.



Fonte: Autor (2018).

Conforme a interpretação das classes de risco para a orientação de vertentes sugerida por Ferraz e Vettorazzi (1998), o risco baixo representou 50,5% da APA, distribuindo-se nas faces Sul e Oeste, enquanto o risco alto, distribuído entre as faces Leste e Norte representou

49,49% da área. No PEP, cerca de 54,14% da sua área têm faces nas direções Sul e Oeste, consideradas com baixo risco de incêndios e cerca de 45,86% da área da UC têm faces nas direções Leste e Norte, consideradas de alto risco de ocorrência de incêndio (Tabela 11).

As faces Sul e Oeste recebem menor incidência de radiação solar e ventos, por isso são consideradas como de baixo risco de incêndio. Na face Norte, considerada como a de maior risco de ocorrência e propagação de incêndios florestais, o material combustível seca mais rapidamente em razão das altas temperaturas, devido a sua maior exposição à radiação e pela menor umidade relativa. Devido a maior incidência de ventos, a face Leste também é considerada como de alto risco (FERRAZ e VETTORAZZI, 1998; RIBEIRO et al., 2008).

Tabela 11 - Área da APA Pirineus e PEP por classe de risco de acordo com a orientação de vertentes.

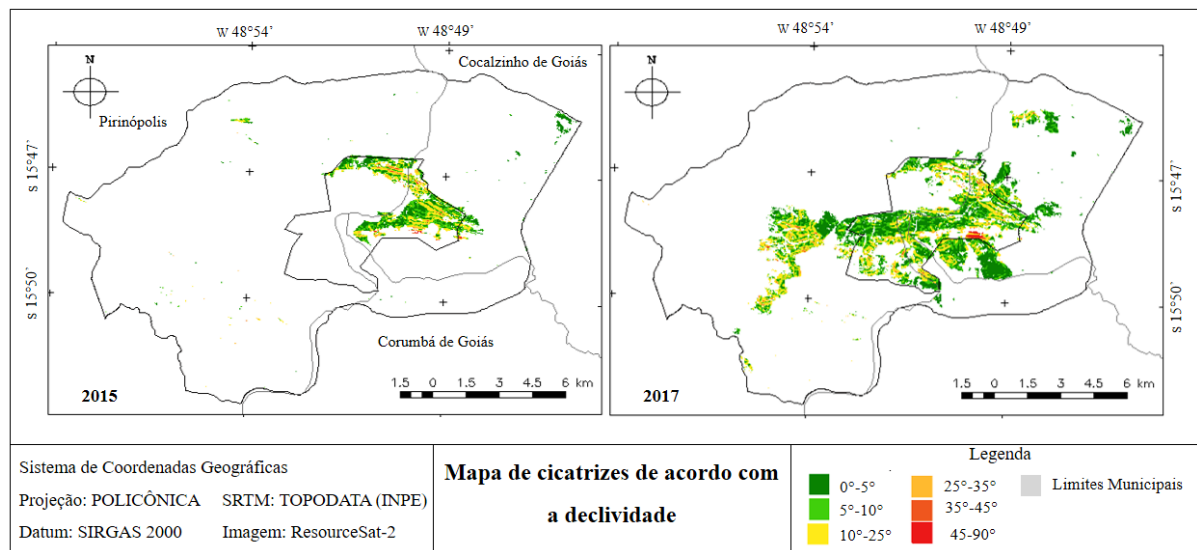
Orientação de vertentes (°)	Risco	APA Pirineus		PEP	
		Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
135 - 225 / Sul	Baixo	5833,30	30,29	1115,10	39,36
225 - 315/ Oeste		3893,17	20,21	418,71	14,78
45 - 135 / Leste		3729,09	19,36	557,83	19,69
315 - 360 / Norte	Alto	3074,59	15,96	511,74	18,06
0 - 45 / Norte		2729,31	14,17	229,86	8,11

Fonte: Autor (2018).

Analisando a ocorrência de cicatrizes quanto a declividade observou-se a maior concentração e área de abrangência em declividades de 0° - 5°, 5° - 10° e 10° - 25°, possivelmente devido a área de estudo apresentar em sua grande maioria inclinações no intervalo de 0° a 25°, caracterizando um relevo mais plano, com poucas áreas íngremes (Figura 14).

Pela distribuição da porcentagem de área de cicatrizes identificadas na APA Pirineus e PEP por classes de declividade, observou-se se que as cicatrizes ocorreram em todas as classes de declividade em ambos os anos. Sendo que tanto em 2015 (305,84 ha) como em 2017 (1172,24 ha), a classe de declividade 0° - 5° registrou cicatrizes de maiores extensões, seguida pelas classe de 5° - 10° na qual em 2015 foi ocupada por 264,36 ha em área atingida pelo fogo e em 2017 teve 841,68 ha de sua extensão abrangida por cicatrizes (Tabela 12).

Figura 14 – Mapa da ocorrência de cicatrizes na área da APA Pirineus e do PEP, de acordo com a declividade.



Fonte: Autor (2018).

Apesar de pequena parte das UCs estarem presentes em área de maiores inclinações, verificou-se a ocorrência de áreas de cicatrizes relativamente consideráveis nas classes de 35°-45° e 45°-90° nos dois anos avaliados (Tabela 12).

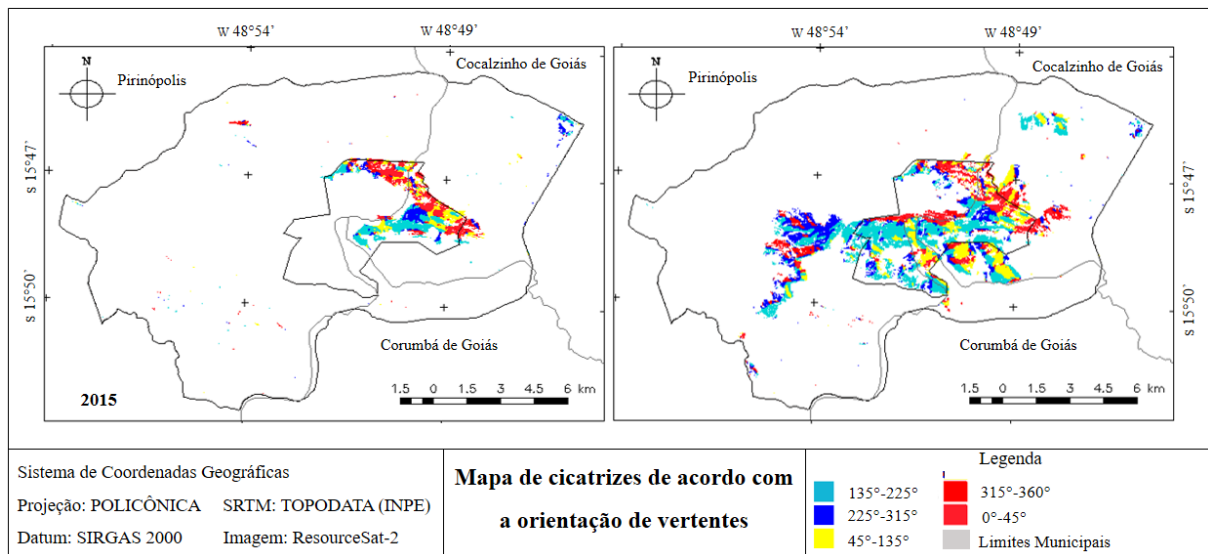
Tabela 12 – Distribuição da porcentagem de área de cicatrizes identificadas na APA Pirineus e PEP por classes de declividade.

Declividade (°)	2015		2017	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
0 - 5	305,84	35,69	1172,24	41,27
5 - 10	264,36	30,85	841,68	29,64
10 - 25	229,08	26,73	698,84	24,61
25 - 35	40,28	4,70	95,4	3,36
35 - 45	12,36	1,44	20,6	0,73
45 - 90	4,68	0,55	11,36	0,40

Fonte: Autor (2018).

Com relação a presença de cicatrizes de acordo com a orientação de vertentes, pôde-se observar que as cicatrizes deixadas pelo fogos também estiveram presentes em todas as classes de orientação de vertentes (Figura 15).

Figura 15 – Mapa da ocorrência de cicatrizes na área da APA Pirineus e do PEP, de acordo com a orientação de vertentes.



Fonte: Autor( 2018).

Apesar da incidência de radiação solar e de ventos serem baixas na face Sul e consequentemente o risco de incêndio ser menor (FERRAZ e VETTORAZZI, 1998), nessa classe foi constatado a presença de extensas áreas de cicatrizes em 2015 (243,96 ha) e em 2017 (1085,64 ha) (Tabela 13). Possivelmente esse resultado pode estar relacionado ao fato de grande parte da área das UCs estarem expostas a face Sul.

Tabela 13 – Distribuição da porcentagem de área de cicatrizes identificadas na APA Pirineus e PEP, por classe de orientação de vertentes.

Orientação de vertentes (°)	2015		2017	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
135 - 225 / Sul	243,96	28,47	1085,64	38,23
225 - 315/ Oeste	130,96	15,28	564,24	19,87
45 - 135 / Leste	168,92	19,71	506,40	17,83
315 - 360 / Norte	75,60	8,82	270,96	9,54
0 - 45 / Norte	237,48	27,71	412,88	14,54

Fonte: Autor (2018).

Na face Norte, onde o risco de ocorrência e propagação de incêndios é alto, devido a maior incidência da radiação solar que provoca o aquecimento do material combustível

(FERRAZ e VETTORAZZI, 1998; RIBEIRO et al., 2008), também verificou-se grandes áreas de cicatrizes em 2015 (313,08 ha) e 2017 (683,84 ha).

## 5 CONCLUSÕES

A análise espacial e temporal de uso e cobertura da terra, utilizando imagens dos satélites RapidEye e ResourceSat-2, demonstrou que ocorreram mudanças na paisagem das UCs e evidenciou a predominância da classe savânica/campestre em todos os anos de estudo, exceto para 2017, no PEP. A análise espacial mostrou que a APA encontra-se predominantemente antropizada, tendo como principal uso a agropecuária. A principal mudança no seu interior se deu com relação ao declínio da classe savânica/campestre.

Verificou-se que mudanças intensas ocorreram na área efetiva do PEP, principalmente com relação as formações savânica/campestre. Não obstante, também observou-se a presença de pequenas áreas de agropecuária no seu interior. Em vista disso, fica evidente que a preservação do PEP pode não estar ocorrendo de forma integral, necessitando portanto, de maior atenção e fiscalização mais rigorosa por parte dos órgãos ambientais responsáveis.

As cicatrizes de incêndios com diferentes áreas de abrangência ficaram perceptíveis por meio da análise temporal, a qual evidenciou a expansão destas nas UCs ao longo do período de estudo. Além disso, a identificação de cicatrizes também mostrou as áreas das UCs que possuem maior susceptibilidade a ocorrência de incêndios. Diante disso, constata-se que as geotecnologias apresentam-se como ferramentas valiosas e altamente eficientes, fornecendo dados e informações que podem subsidiar o desenvolvimento de sistemas para detectar, monitorar e conseqüentemente prevenir os focos de incêndios, evitando os danos por eles causados.

Os resultados das análises da relação entre dados meteorológicos e de uso e cobertura da terra com a incidência de incêndios na UCs, comprovaram que as cicatrizes de incêndios registrados pelas imagens utilizadas tiveram relação com as condições meteorológicas e com o tipo de uso e cobertura da terra. Observou-se que em períodos com volume de precipitação reduzido, baixa umidade relativa do ar e temperaturas elevadas foram registrados focos de calor e cicatrizes de incêndios, as quais estiveram associadas às áreas de agropecuária, onde o uso do fogo é recorrente, e as formações savânica/campestre, a qual é composta por uma vegetação bastante inflamável.

A avaliação do risco de incêndio e presença de cicatrizes de acordo com as características do relevo apontou que a declividade e orientação das vertentes pode influenciar diretamente nas ocorrências de incêndios em vegetação. O mapeamento de risco representou espacialmente os níveis de risco de incêndios nas UCs, a partir dos quais se pode identificar as

áreas prioritárias para ações preventivas, que eventualmente poderão contribuir com a diminuição das ocorrências desses eventos.

Apesar do risco de incêndio estar relacionado com diversos fatores e não apenas com a declividade e orientação de vertentes, os resultados obtidos neste trabalho, poderão contribuir para elaboração de um planejamento de ações futuras de prevenção e combate a incêndios nessas áreas, para que os impactos causados em seus recursos sejam minimizados, e consequentemente, a biodiversidade destas UCs seja conservada.

Portanto, constatou-se a alta eficiência das geotecnologias, tanto no monitoramento da dinâmica do uso e cobertura da terra das UCs, quanto no fornecimento de dados e informações que podem auxiliar na detecção, monitoramento e prevenção de incêndios.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, M. A. H.; DEBIASI, P.; SIQUEIRA, J. C. dos. S. Avaliação espectral e geométrica das imagens Rapideye e seu potencial para o mapeamento e Monitoramento agrícola e ambiental. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 66, v. 1, p. 105-113, 2014.

BARGOS, D. C; LAGO, G. M. T; FERRAZ, F. Geotecnologias aplicadas ao mapeamento e classificação das formas de uso da terra nas áreas de preservação permanente da Microbacia do Ribeirão dos Passos (Lorena-SP). **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 64, p. 47–59, 2017.

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Floresta**, v.30, n.1, p.45-54, 2000.

BONTEMPO, G. S. **Impactos e realidade dos incêndios florestais nas unidades de conservação brasileiras**. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

BOSQUETTI, L. D. B. **Análise da estrutura da paisagem e fitofisionomias do Parque Estadual dos Pirineus, Goiás, Brasil**. 2008. 134 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba-SP, 2008.

BONFIM, V. R.; RIBEIRO, G. A.; BRAGA, G. M. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 87-94. 2003.

BRASIL. 2000. **Lei 9.985, de 18 de Julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2000.

BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia- MG, utilizando imagens ETM+ / Landsat7. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 37-46, 2005.

CÂMARA, G. et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Rio de Janeiro, 1996. 205 p.

CÂMARA, G; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p.

CARDOZO, F. da S. et al. Análise das mudanças dos parâmetros físicos da superfície derivados das queimadas no Estado de Rondônia. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.20, n. 4, p.830-854, 2014.

CASES, M. O. **Gestão de Unidades de Conservação: compartilhando uma experiência de capacitação**. Brasília: WWF-Brasil/IPÊ– Instituto de Pesquisas Ecológicas, 2012. 396 p.

COELHO, H. A.; REZENDE, E. N. A efetiva implantação das unidades de conservação ambiental por meio da desapropriação. **Revista do Direito Público**, Londrina, v. 11, n. 2, p.165-195. 2016.

COSTA, C. A. R. **Introdução a processamento digital de imagens: uma abordagem voltada para sensoriamento remoto e funcionalidades do sistema SPRING**. Campinas: EMBRAPA CNPTIA, 1998. 45 p. (Relatório Técnico, 4).

CRISTO, S. S. V.; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. Análise do Uso e Ocupação da Terra na Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, estados do Tocantins e Bahia. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Vol. 20 (2016), n.3, p. 182-191.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. ed. rev. Campinas, SP: IG/UNICAMP,1992. 170p.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p.

DIAS, G, F. **Queimadas e Incêndios Florestais: Cenários e desafios**. Brasília: MMA, IBAMA, 2009. 32 p.

DUTTA, K. et al. Quantification and monitoring of forest cover changes in Agasthyamalai Biosphere Reserve, Western Ghats, India (1920–2012). **Current Science**, v. 110, n. 4, p. 508-520, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Geotecnologias e Geoinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Editores técnicos, TÔSTO, G. S. et al. Brasília, DF: EMBRAPA, 2014. 248p.

ESA - European Space Agency. **RapidEye and New Acquisitions Full File**. 2016. Disponível em:<<https://earth.esa.int/web/guest/-/rapideye-products>>. Acesso em: 28 de jul. de 2018.

FERRAZ, S. F. de; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de perigo de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 39-48, 1998.

FIEDLER, N. C. et al. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na Fazenda Água Limpa, DF. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 129-138, 2004.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, v.16, n. 2, p. 153-161, 2006.

FILHO, M. da. C. A.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 2 , n. 59, p. 171-179, 2007.

FILHO, J. J. T.; MORAES, J. M.; PAULA, T. L. F. **Geoparque Pireneus (GO): Proposta**. In: SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C. R. Geoparques do Brasil: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, v. 1, 2012. 748 p.

FITZ, R. P. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de texto, 2008. 160 p.

GOIÁS. **Lei Nº 14.247, de 29 de julho de 2002**: Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação no Estado de Goiás e dá outras providências, Goiânia-GO, 2002.

GOIÁS. **Decreto Nº 4.830, de 15 de outubro de 1997**. Estabelece a área e os limites do Parque Estadual dos Pirineus, e dá outras providências, Goiânia-GO, 1997.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Implementação do Rappam (Método para Avaliação Rápida e a Priorização da Gestão de Unidades de Conservação\*) em unidades de conservação no Brasil**. 59 p. 2014.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018. **Unidades de Conservação**. Disponível em:<  
<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros>>. Acesso em: 31 de jul. de 2018.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2017b. **ICMBio consegue controlar fogo em unidades.** Disponível em:<<http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/9163-icmbio-consegue-controlar-fogo-em-unidades>>. Acesso em: 04 de ago. de 2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **INPE amplia monitoramento da Amazônia com dados da nova geração de satélites ambientais.** 2018. Disponível em:<[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=4829](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4829)>. Acesso em: 27 de jul. de 2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Manuais - Tutorial de Geoprocessamento: Classificação de Imagens.** 2006. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em: 26 de ago. de 2018.

ISRO - Indian Space Research Organization. **ResourceSat-2 Sends High Quality Images.** 2011. Disponível em:<<https://www.isro.gov.in/update/28-apr-2011/resourcesat-2-sends-high-quality-images>>. Acesso em: 26 de jul. de 2018.

GIOTTO, E. Aplicabilidade de Imagens RBV do LANDSAT 3 em levantamento do uso da terra no município de Tapera - RS. 1981, 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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 Hidrologia) - Universidade de São Paulo Instituto de Geociências, São Paulo, 2003.

JESUS, T. M.; POELKING, E. L.; COUTINHO, J. C. Mapeamento do uso e cobertura do solo utilizando imagens do sensor Rapideye na APA do Pratigi – BA. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, São Paulo . **Anais...** São Paulo: INPE, 2017, 8 p.

KOPROSKI, L. et al. Modelo de zoneamento de risco de incêndios para unidades de conservação brasileiras: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR). **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 551-562, 2011.

LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data. Washington, USA. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p.159-174, 1977.

LEITE, C. C. S. S. et al. Análise dos incêndios ocorridos no Parque Nacional da Chapada Diamantina-Bahia em 2008 e 2015 com suporte em índices espectrais de vegetação. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 6, p. 1127-1141. 2017.

LIMA, de. A. **Aplicação de geoprocessamento na análise da representatividade do Sistema de Unidades de Conservação no Estado do Mato Grosso**. São José dos Campos: INPE, 2008.153 p.

LIBONATI, R. et al. An Algorithm for Burned Area Detection in the Brazilian Cerrado Using 4  $\mu$ m MODIS Imagery. **Remote Sensing**, v. 7, p.15782-15803, 2015.

LIZ, J. P. C. de. **Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais na Reserva Biológica do Aguai**. 2014. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

LOMBARDI, R. J. R. **Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/LANDSAT**. 2003. 172 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, 2003.

LOPES, E. R. N.; REUSS-STRENZELL, G. M. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento da ocupação de unidades de conservação –um olhar sobre a Área de Proteção Ambiental de Guaibim. **Revista de Geografia da UFPE**,v. 32, n. 3, p. 43-59, 2015.

LOPES, L. H. M. Uso e cobertura do solo no município de Tailândia-PA utilizando o TM/LANDSAT e técnica de classificação não-supervisionada. **Engevista**, v. 10, n. 2, p. 126-132, 2008.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 1, p. 5-18, 2009.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. **Zoneamento ecológico-econômico de arranjos produtivos de pequenos mineradores – Pirenópolis; Cocalzinho de Goiás e Corumbá de Goiás**. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006. 169p.

MENDONÇA, R. A. M. de. et al. **Uso das Geotecnologias para Gestão Ambiental**. Cuiabá: ICV- Instituto Centro de Vida, 2011. 22 p.

MEDEIROS M. B.; FIEDLER N. C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal** v. 14, n. 2, p. 157-168, 2004.

MENESES, P. R. et al. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: CNPQ, UNB, 2012. 276 p.

MIRANDA, H.S.; SATO, M.N. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In: SCARIOT, A., SILVA, J. C. S., M. FELFILI. J. M. Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 428 p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de conservação**: conservando a vida, os bens e os serviços ambientais. São Paulo: WWF - World Wildlife Fund-Brasil, 2008, 23p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Dados Consolidados**. 2018. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-consolidados>>. Acesso em: 29 de jul. de 2018.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação**: Plano de Manejo. 2012. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/informma/itemlist/category/34-unidades-de-conservacao>>. Acesso em: 31 de jul. de 2018.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed.atual. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 422p.

NOVO, Evlyn M. L. M. **Sensoriamento Remoto**: Princípios e Aplicações. 4ª ed. São Paulo: Bluncher, 2010. 383p.

NASCIMENTO. T. V.; FERNANDES, L. L. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, v. 39 n. 1, p. 2017.

NERY, F. H. **Identificação de Áreas Potenciais para a Ocorrência de Incêndios Florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra**. 2011. 38 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

NRSC - National Remote Sensing Centre. **RESOURCESAT-2 Data Users' Handbook**. Andhra Pradesh: Indian Space Research Organisation. 2011. 142 p.

OLIVEIRA, B. F. **Avaliação multitemporal da modificação da cobertura vegetal em Riachão das Neves-Bahia**. 2015. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2015.

OLIVEIRA, H. L. **Processo de prevenção, controle e combate a incêndios florestais no Estado de Mato Grosso**. 2017. 28 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Floresta) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

OLIVEIRA, S. F. **Ocorrências de Incêndios Florestais no Parque Nacional da Chapada Diamantina, BA, no período de 2010 a 2014**. 2015. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Floresta) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.

OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

PEREIRA, C. A.; FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Análise das ações de prevenção e combate aos incêndios florestais em unidades de conservação do Cerrado. **Floresta**, v. 34, n. 2, p. 95-100, 2004.

PESSOA, O. A. A.; MENESES, P. R. Evolução do comportamento espectral de cicatrizes de incêndio florestal no Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2013, 7 p.

PLANET. **Rapideye™ Imagery Product Specifications**. 2016. Disponível em: <<https://www.planet.com/products/satellite-imagery/files/160625-RapidEye%20ImageProduct-Specifications.pdf>>. Acesso em: 26 jul. de 2016.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 160 p.

RIBEIRO, A. F. M. **Abrangência e recorrência dos incêndios e a resiliência da vegetação na Serra dos Pirineus – Goiás**. 2016. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

RIBEIRO, L. et al. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Floresta**. Curitiba, v. 38, n. 3, p. 561 – 572. 2008.

RODRIGUES, J. A. et al. Mapeamento de Áreas Queimadas em Unidades de Conservação da Região Serrana do Rio de Janeiro Utilizando o Satélite Landsat-8 Durante a Seca de 2014. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, n. 1, p. 318-327. 2018.

ROSAN, T.M.; ALCÂNTARA, E. Detecção de mudanças de uso e cobertura da terra na Amazônia Legal Matogrossense: o estudo de caso do município de Cláudia (MT). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n.5, p.979-990, 2016.

SALMONA, Y. B.; RIBEIRO, F. F.; MATRICARDI, E. A. T. Parques “no papel” conservam? O caso do Parque dos Pireneus em Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 295-310, 2014.

SARANYA, K. R. L.; REDDY, S. C. Long term changes in forest cover and land use of Similipal Biosphere Reserve of India using satellite remote sensing data. **Journal of Earth System Science**. v. 123, n. 3, p. 559-569, 2015.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Texto, 2015. 285 p.

SECIMA - Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos. **Unidade de Conservação**. 2017 Disponível em:<<http://www.secima.go.gov.br/meio-ambiente-e-recursos-h%C3%ADricos/parques-e-unidades-de-conserva%C3%A7%C3%A3o.html>>. Acesso em 29 de jul. de 2018.

SETZER, A. W.; SISMANOGLU, R. A. **Risco de fogo: Método de cálculo**. DSA/CPTEC/INPE. 2006. Disponível em:<[http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/doc\\_RF\\_2007.pdf](http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/doc_RF_2007.pdf)>. Acesso em: 08 de set. de 2018.

SIEG - Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás **Unidades de Conservação**: Estado de Goiás. Goiânia, 162 p. 2000.

SCCON - Santiago e Cintra Consultoria. **Rapideye images: Geospatial high accuracy**. 2016. Disponível em:<<https://www.scccon.com.br/eng/products/images/rapideye>>. Acesso em: 26 de jul. de 2018.

SCHUMACHER, M. V.; LOPES, V. G.; VIEIRA, M. **Incêndios Florestais**. Santa Maria: UFSM, 2010. 133 p.



TORRES, F. T. P. et al. Perfil dos Incêndios em Vegetação nos Municípios de Juiz de Fora e Ubá, MG, de 2001 a 2007. **Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 2, p. 83-89, 2010a.

TORRES, F. T. P. et al. Determinação do período mais propício às ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 297-303, 2010b.

USGS - United States Geological Survey. **Resources in:** Resources in 1 (IRS-P6) and Resourcesat-2. 2018. Disponível em:< <https://eros.usgs.gov/remote-sensing/resourcesat>>. Acesso em: 28 de jul. de 2018.

TRIGG, S.; FLASSE, S. “An evaluation of different bi-spectral spaces for discriminating burned shrub-savannah”. **Remote Sens.**, vol. 22, n 13, p. 2641–2647, 2001.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE. 2008. 76 p.

VASCONCELLOS, R. P. **O Uso do Geoprocessamento na Quantificação de Fragmentos Naturais e Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente em Unidades De Conservação** - Estudo de Caso da Mata Escura, Belo Horizonte. 2002. 62 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

VILELA, M. F. et al. Avaliação de técnicas de realce e classificação digital na elaboração de um mapa de uso da terra mediante uma imagem TM/LANDSAT-5. **Revista Árvore**, v. 24, n. 2, p. 161-173, 2000.