



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Vanusa de Souza Pacheco Hoki

**ESTUDO DOS FOCOS DE CALOR EM DIFERENTES
FAIXAS DE ÁREAS DE INFLUÊNCIA DA RODOVIA
BR-242/MT, NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ/MT**

CUIABÁ - MATO GROSSO

2020

Vanusa de Souza Pacheco Hoki

ESTUDO DOS FOCOS DE CALOR EM DIFERENTES
FAIXAS DE ÁREAS DE INFLUÊNCIA DA RODOVIA
BR-242/MT, NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ/MT

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Cuiabá - UNIC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior

Coorientadora: Prof. Dra. Luciana Sanches

CUIABÁ – MATO GROSSO

Janeiro/2020

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca UNIC

H721e

HOKI, Vanusa de Souza Pacheco

Estudo dos focos de calor em diferentes faixas de áreas de influência da rodovia BR-242/MT, no município de Nova Ubiratã/MT. / Vanusa de Souza Pacheco Hoki - Cuiabá, MT 2020

Xi. f.; cm. 56 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ensino de stricto sensu, em Ciências Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Universidade de Cuiabá - UNIC, 2020

Orientador: Prof.^o Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior

Coorientadora: Prof.^a Dra. Luciana Sanches

1. Incêndios Florestais. 2. Infraestrutura. 3. Monitoramento por Satélite.

CDU:504.2:624.84

Terezinha de Jesus de Melo Fonseca - CRB1/3261

Vanusa de Souza Pacheco Hoki

**ESTUDO DOS FOCOS DE CALOR EM DIFERENTES
FAIXAS DE ÁREAS DE INFLUÊNCIA DA RODOVIA
BR-242/MT, NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ/MT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Cuiabá - UNIC, no mestrado em Ciências Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre conferida pela Banca Examinadora pelos professores:

Examinadores:

Prof. Dr Osvaldo Borges Pinto Junior

Prof. Dr Amintas Nazareth Rosseti

Prof. Dr. Fernando da Silva Sallo

Profa. Dra. Luciana Sanches

Cuiabá, 31 de janeiro de 2020.

DEDICATÓRIA

A meu esposo Paulo pelo apoio incondicional em toda minha caminhada e minha filha Antônia pela fonte de carinho inesgotável.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior pela orientação, incentivo e conhecimentos compartilhados. A prof^a. Dr^a. Luciana Sanches, pela coorientação, apoio, incentivo, paciência, dedicação, ensinamentos e amizade. Aos pesquisadores membros da banca examinadora, particularmente ao prof^o. Dr. Amintas Nazareth Rossete por aceitar o convite para participação da banca e por todas contribuições à dissertação. Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, em especial aos prof. Dr. Fernando Sallo pelo apoio, conversas e incentivos nas disciplinas do mestrado.

Em especial, ao meu esposo Paulo e filha Antônia pelos estímulos, união e apoio incondicional. A minha irmã Helena que sempre me apoiou nos cuidados com minha filha.

A Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) por meio do Prof. Dr. Luiz Miguel e Prof. Dr^a. Gersina pela oportunidade no projeto de extensão da BR 242/MT e todos os colegas e colaboradores do projeto. A doutoranda Keylyane do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental pelo auxílio e incentivo. Ao Batalhão de Emergências Ambientais TC Barroso, TC Dercio, TC Jean, Sd Ian e Sd Ferreira pelo auxílio na compreensão dos dados. Aos alunos de Iniciação Científica, Camylla, Karen, Gabriela e Michelle. Aos amigos do mestrado, em especial Ana Carolina, Pricila e Roberta que estiveram sempre ao meu lado estimulando e auxiliando no projeto de pesquisa.

Aos engenheiros agrônomos Sandro e Estefanny da Fazenda Água Limpa pelos dados de precipitação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

EPÍGRAFE

“É fazendo que se aprende a fazer
aquilo
que se deve aprender a fazer”.
(Aristóteles)

SUMÁRIO

| | Página |
|---|-------------|
| RESUMO..... | VII |
| ABSTRACT..... | VIII |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS..... | IX |
| LISTA DE FIGURAS..... | X |
| LISTA DE QUADROS..... | XII |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL..... | 15 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 15 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 16 |
| 2.1 RELAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO, CLIMA E INCÊNDIOS NA AMAZÔNIA..... | 16 |
| 2.2 COBERTURA E USO DO SOLO E BIOMAS NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ..... | 17 |
| 2.3 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À DETERMINAÇÃO DE QUEIMADAS E INCÊNDIOS FLORESTAIS..... | 18 |
| 2.4 INFRAESTRUTURA BR 242/MT E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ/MT..... | 19 |
| 2.5 ÍNDICES DE PREVISÃO DE RISCO DE INCÊNDIO..... | 27 |
| 2.6 REPRESENTAÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DOS FOCOS UTILIZANDO O ESTIMADOR KERNEL..... | 28 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 31 |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO DE ESTUDO..... | 31 |
| 3.2 ESTIMATIVA DO RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL BASEADOS EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS..... | 32 |
| 3.3 UTILIZAÇÃO DO PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DA COBERTURA E USO DO SOLO NO BRASIL (MAPBIOMAS). | 33 |
| 3.4 DADOS DE FOCOS DE CALOR..... | 33 |
| 3.5 MAPEAMENTO DA DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR PELOS MAPAS DE KERNEL..... | 34 |
| 3.6 ÁREA A DE ABRANGÊNCIA DOS FOCOS DE CALOR DA RODOVIA BR-242/MT NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ-MT..... | 35 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 36 |
| 4.1 DESCRIÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS..... | 36 |
| 4.2 ÍNDICE DE RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL..... | 37 |
| 4.3 MUDANÇA NA COBERTURA E USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ-MT..... | 40 |
| 4.4 VARIAÇÃO ANUAL DOS FOCOS DE CALOR NOS BIOMAS AMAZÔNIA E CERRADO EM 2008 A 2017..... | 42 |
| 4.5 DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ-MT..... | 43 |
| 4.6 CONCENTRAÇÃO DOS FOCOS DE CALOR NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA RODOVIA BR-242/MT NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ-MT..... | 45 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 48 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 49 |

HOKI, V. S. P. **ESTUDO DOS FOCOS DE CALOR EM DIFERENTES FAIXAS DE ÁREAS DE INFLUÊNCIA DA RODOVIA BR-242/MT, NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ/MT.** 2020. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade de Cuiabá – UNIC. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar os focos de calor em diferentes faixas limítrofes de influência da rodovia BR-242/MT no município de Nova Ubiratã. Os dados dos focos ativos de calor foram disponibilizados a partir do Banco de Dados de Queimadas do INPE, detectados pelo sensor MODIS do satélite AQUA com resolução de 1 km. A Fórmula de Monte Alegre (FMA) foi utilizada para a predição do grau de risco de incêndio. A análise da mudança do uso e cobertura do solo foi realizada com dados do Projeto MapBiomass. Utilizou-se o estimador de densidade de *Kernel* e a análise de *Buffer* (distância em duas classes de 0 – 5 km e 0 – 20 km ao longo do corredor da BR-242), para estimar a distribuição dos focos de calor no município. O mês de julho resultou em risco de incêndio extremo, no entanto setembro destacou-se com maior número de focos de calor, devido às alterações climáticas e ações antrópicas. Houve redução de 8% da área de floresta, convertida em agropecuária (pastagem e agricultura anual e perene). Com a análise de *Buffer* e *Kernel*, observou-se que a influência nos padrões espaciais dos focos de calor detectados tem relação com a infraestrutura, pois os focos de calor tendem a aumentar a partir da área de abrangência de 20 km. Ao analisar a variação dos focos de calor, constatou-se que 10% dos focos ocorrem na faixa de 0 – 5 km e na faixa de 0 – 20 km foram de 29%, totalizando 5.568 focos detectados entre os anos 2008 e 2017. O maior número de focos de calor, ocorreram nas áreas rurais circundantes, principalmente pelo fato do uso do fogo para limpeza das pastagens. Por fim, os resultados desta pesquisa visam auxiliar os tomadores de decisão no licenciamento ambiental de rodovias e na definição da área de influência, seja, direta ou indireta.

Palavras-Chave: Incêndios Florestais; Infraestrutura; Monitoramento por satélite.

HOKI, V. S. P. **STUDY OF HEAT FOCUS ON DIFFERENT RANGE OF INFLUENCE AREA OF THE ROAD BR-242 / MT IN THE CITY OF NOVA UBIRATÃ / MT.** 2020. 56p. Dissertation (Master in Environmental Sciences) University of Cuiabá – UNIC. Cuiabá, Mato Grosso, Brazil.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the hot spots in different bands bordering the influence of the BR-242 / MT road in the municipality of Nova Ubiratã. The data of the active fire were made available from the INPE's Burning Database, detected by the MODIS sensor of the AQUA satellite with a resolution of 1 km. The Monte Alegre Formula (FMA) was used to predict the degree of fire risk. The analysis of the change in land use and cover was carried out with data from the MapBiomass Project. The Kernel density estimator and the Buffer analysis (distance in two classes of 0 - 5 km and 0 - 20 km along the BR-242 corridor) were used to estimate the distribution of hot spots in the municipality. The month of July resulted in an extreme fire risk, however September stood out with the greatest number of hot spots, due to climate change and anthropic actions. There was a reduction of 8% in the forest area, converted into agriculture (pasture and annual and perennial agriculture). With the Buffer and Kernel analysis, it was observed that the influence on the spatial patterns of the detected heat sources is related to the infrastructure, since the heat sources tend to increase from the coverage area of 20 km. When analyzing the variation of the hot spots, it was found that 10% of the spots occur in the range of 0 - 5 km and in the range of 0 - 20 km they were 29%, totaling 5,568 spots detected between the years 2008 and 2017. The greater number of active fire, occurred in the surrounding rural areas, mainly due to the use of fire to clean the pastures. Finally, the results of this research aim to assist decision makers in the environmental licensing of highways and in the definition of the area of influence, whether direct or indirect.

Keywords: Wildfire; Infrastructure; Satellite Monitoring.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ADA | Área Diretamente Afetada |
| AID | Área de Influência Direta |
| AII | Área de Influência Indireta |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes |
| EIA | Estudo de Impacto Ambiental |
| FAO | <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> |
| IBAMA | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| MODIS | Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer |
| NASA | <i>Goddard Space Flight Center</i> |
| NOAA | <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> |
| OLI | Operational Land Imager |
| PAC | Programa de Aceleração do Crescimento |
| PBA | Plano Básico Ambiental |
| PNMA | Política Nacional do Meio Ambiente |
| PPA | Plano Plurianual |
| PRODES | Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite |
| RIMA | Relatório de Impacto Ambiental |
| VIIRS | <i>Visible Infrared Imager Radiometer Suite</i> |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Regiões de concentração do desmatamento detectado entre agosto de 2016 e julho de 2017 em Mato Grosso..... | 21 |
| Figura 2 – Mapa de Influência da BR-242/MT, a rodovia com sentido centro-oeste irá favorecer a integração definitiva entre as rodovias federais BR-163 e BR-158 no eixo Norte-Sul, com ligação das atividades produtivas com demais regiões, viabilizando o escoamento da produção agrícola dessa região. | 24 |
| Figura 3 – Limites da área de influência indireta (AII) com uma faixa de 15 km, num total de 30 km, restringindo 9 km de limite de amortecimento ao lado norte, respeitando 10 km no entorno das TI's Parque do Xingu e Batovi e UC Estação Ecológica do Rio Ronuro. | 26 |
| Figura 4 - Princípio da densidade do núcleo. (R – Região de estudo; τ_1 e τ_2 – largura de bandas, s_1 e s_2 – locais, medida nos pontos s ; s_i é o número de amostras (eventos, observações etc.); k_1 e k_2 – funções kernel)..... | 29 |
| Figura 6 – Localização do município de Mato Grosso no Brasil, com biomas Amazônia (59,28%) e Cerrado (40,72%), a localização da rodovia federal BR-242/MT e a Estação Meteorológica Automática (código A-929, 13,411105 S, 54,752144 O)..... | 31 |
| Figura 7 – Fluxograma da metodologia utilizada para análise dos dados de focos de calor adquiridos do BDQueimadas | 34 |
| Figura 8 – Variabilidade anual de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento ($m.s^{-1}$), dos anos de 2009 a 2018 em Nova Ubitatã/MT. A linha sólida representa as médias mensais e a tracejada a linha de tendência..... | 36 |
| Figura 9 – Risco de incêndio florestal baseados nas condições climáticas no município de Nova Ubitatã/MT, de acordo com a FMA. Grau de Risco: Nulo ($\leq 1,0$); Pequeno (1,1 a 3,0; Médio (3,1 a 8,0); Alto (8,1 a 20,0) e Muito Alto ($> 20,0$). | 38 |
| Figura 10 – Número de focos de calor mensais nos biomas Amazônia e Cerrado no município de Nova Ubitatã/MT nos anos de 2008 a 2017. A área selecionada (em destaque) corresponde ao período proibitivo de queimadas..... | 39 |
| Figura 11 – Cobertura e uso do solo no município de Nova Ubitatã/MT nos anos de 2008 e 2017). | 41 |
| Figura 12 – Estimativa da densidade do núcleo dos focos de calor nos anos de 2008 a 2017 em Nova Ubitatã/MT..... | 44 |
| Figura 13 – Caracterização das distâncias analisadas (0 – 5 km, 0 – 20 km e 0 – 30 km) a partir do eixo principal da rodovia BR-242/MT no total de 156 km do estradeiro, no | |

| | |
|--|----|
| município de Nova Ubiratã/MT. Fonte: IBGE, 2018; Programa BD Queimadas (INPE, 2018)..... | 46 |
|--|----|

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Funcionalidade do sensor MODIS/AQUA | 19 |
| Quadro 2 – Formação administrativa do município de Nova Uiratã/MT | 25 |
| Quadro 3 – Classificação do grau de risco de incêndio com base na variação da FMA | 32 |
| Quadro 4 – Datas de ocorrências de Prorrogação do Período Proibitivo de Queimadas no Estado de Mato Grosso. | 40 |

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é um dos *hot spots* mundial de biodiversidade, sendo que 44% da flora é endêmico, entretanto, a preservação desse bioma encontra-se ameaçada, em função do desmatamento e incêndios florestais. O município de Nova Ubiratã tem 59,28% do bioma Amazônia e 40,72% do bioma Cerrado, e a ocorrência de incêndios requer medidas de prevenção e combate, priorizando as áreas mais críticas como Unidades de Conservação e Terras Indígenas, adjacentes ao município (DNIT, 2010; FEDERAL, 2010).

O fogo na Amazônia Brasileira promove a seca e, portanto, mais incêndio, liberando fumaça na atmosfera, reduzindo assim as chuvas, é responsável pela emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa por vários processos distintos, incluindo a queimada de floresta nas áreas que estão sendo desmatadas para agricultura e pecuária, incêndios florestais e queimada de capoeiras, pastagens, e diferentes tipos de savanas (NEPSTAD et al., 2001; FEARNSSIDE, 2002).

O incêndio florestal é considerado como todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo tanto ser provocado pelo homem (intencional ou negligência), ou por fonte natural (raio). Por outro lado, as queimadas são práticas agropastoris ou florestais, onde o fogo é utilizado de forma controlada, atuando como um fator de produção.

O desmatamento em grandes proporções muda as características termodinâmicas da baixa atmosfera do clima regional e global. Atualmente, as pesquisas se concentram em entender o potencial de incremento do desmatamento e os mecanismos de retroalimentação entre desmatamento, queimadas e secas. O desmatamento relacionado com as atividades antrópicas influenciam no aumento do risco de incêndios, principalmente pela quantidade de materiais combustíveis disponíveis (ARAGÃO et al., 2013; MBANZE et al., 2017; SILVA et al., 2019).

A dinâmica espacial de grandes incêndios florestais pode ser analisada por sensoriamento remoto, os dados de focos de calor são disponibilizados e de livre acesso em banco de dados governamentais e não-governamentais. A partir da disponibilidade de dados, pode-se monitorar e analisar incêndios florestais globais, com diferentes padrões de propagação de fogo, duração e tamanho (CARDIL et al. 2019).

Atualmente as queimadas e incêndios florestais tem monitoramento por imagens de satélite, onde os projetos de investigação, como focos de calor permitem

aumentar e aperfeiçoar essas informações. A detecção sistemática de focos de calor aprimorada desde a década de 80 pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais constituem tecnologias para o monitoramento significativo à prevenção e mitigação do risco de incêndio florestal em tempo real (INPE, 2018).

A frequência e distribuição dos incêndios florestais associada às condições meteorológicas podem ser monitoradas e fazer previsão do risco de incêndios, mediante o cálculo de índices de risco, determinando os períodos de ocorrências e as áreas de maior probabilidade de ocorrer incêndios (TORRES, 2010).

Condições meteorológicas específicas, como a falta de precipitação, elevada velocidade do vento e baixa umidade relativa do ar, agravam as queimadas urbanas, além de estar intimamente relacionada com atividades humanas (MACHADO et al., 2014).

A construção de estradas, minas e hidrelétricas, vem aumentando a cada ano, e muita das vezes gerando impactos ambientais diretos e indiretos. Em regiões onde o zoneamento do uso da terra e o estado de direito são limitados, como em áreas de floresta, os impactos provocados pela abertura de novas estradas, podem promover atividades ilegais, como ocorre na Amazônia brasileira, onde para cada quilômetro de estrada legal existem quase três quilômetros de estradas ilegais. Por outro lado, a abertura de estradas legais pode proporcionar benefícios socioeconômicos com custos ambientais limitados, como a melhoria das estradas em áreas de assentamentos rurais, que proporcionam aos moradores rurais benefícios como: acesso aos mercados urbanos, melhoria das tecnologias, cuidados de saúde, escolas, entre outros (LAURANCE et al., 2015).

No Estado de Mato Grosso a rodovia BR-242/MT tem papel fundamental no escoamento da produção agrícola da região, tendendo a aumentar o tráfego com a previsão da finalização da construção de oito pontes em 2020.

As delimitações das áreas de influência da rodovia BR-242 ocorreram a partir da análise de intervenções de engenharia na implantação do empreendimento com os impactos ambientais, a vulnerabilidades de cada meio afetado, uso e ocupação do solo, características fisiográficas (FLORAMAP, 2009; DNIT, 2010).

A área diretamente afetada (ADA) da BR-242/MT, tem a porção que abrange a faixa de domínio estabelecida em 20 metros de cada lado a partir do eixo da rodovia, totalizando 40 metros. A área de influência direta (AID), é uma projeção paralela ao

eixo da rodovia, numa distância de 1,5 km, perfazendo uma faixa de 3,0 km. A área de influência indireta (AII) para os meios físico e biótico, compreende uma faixa de 15 km do entorno do eixo da rodovia, perfazendo uma faixa total de 30 km, sendo que para o lado norte essa faixa pode se restringir em até 9 km para respeitar o limite da zona de amortecimento de 10 km, existente no entorno das Terras Indígenas Parque do Xingu e Batovi e Unidade de Conservação (UC) Estação Ecológica do Rio Ronuro (FLORAMAP, 2009; DNIT, 2010).

O estudo justifica-se pela importância de se identificar a influência nos padrões espaciais representados pelos focos de calor detectados nas faixas laterais a partir do eixo central da rodovia BR-242/MT, com análise na área de influência da rodovia de 20 km no município de Nova Ubiratã/MT.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi identificar os padrões espaciais dos focos de calor em diferentes faixas influência da rodovia BR-242/MT no município de Nova Ubiratã/MT, nos anos de 2008 a 2017.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atender o objetivo geral, tem-se os objetivos específicos:

- a) Avaliar o grau de risco de incêndios com base na Fórmula de Monte Alegre no município de Nova Ubiratã/MT;
- b) Verificar a variação anual dos focos de calor nos biomas Amazônia e Cerrado no município de Nova Ubiratã/MT;
- c) Avaliar a densidade de *Kernel* dos focos de calor detectados no município de Nova Ubiratã/MT;
- d) Analisar a influência nos padrões espaciais representados pelos focos de calor detectados nas faixas laterais a partir do eixo central da rodovia BR-242/MT no estradeiro dentro do município de Nova Ubiratã.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RELAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO, CLIMA E INCÊNDIOS NA AMAZÔNIA

Segundo o prognóstico climático de inverno do INPE para o Hemisfério Sul, onde o inverno tem início no mês de junho e termina em setembro, com previsão de alta probabilidade de chuvas abaixo e temperaturas acima das médias da normal climatológica. A estação é marcada pelo período menos chuvoso da região Centro-Oeste, caracterizada pela redução das chuvas e umidade relativa do ar, conseqüente alta evaporação que favorece o aumento da incidência de queimadas e incêndios florestais (CPTEC/INPE, 2019).

O fenômeno La Niña ocorreu de forma moderado nos anos de 1999-2000, 2007-2008, 2010-2011 e 2017-2018, já para o evento El Niño houve uma ocorrência forte nos anos 2015-2016, e no histórico de risco de incêndios florestais ocidentais estão associados à seca e conseqüentemente ao verão, associados a condições de umidade, variabilidade no clima relacionado à Oscilação Decadal do Pacífico e ao intenso El Niño/La Niña, tornando necessário um estudo detalhado do clima, a fim de compreender suas várias influências em incêndios florestais (CPTEC/INPE, 2019; WESTERLING, 2006).

No bioma Amazônico ocorrem três tipos de clima: Equatorial continental úmido com estação de seca definida pela depressão Sul-amazônica, clima sub equatorial continental úmido do planalto dos Parecis e clima tropical continental alternadamente úmido e seco entre 22 e 26 °C, a precipitação influencia na umidade relativa do ar, circulações atmosféricas e oceânicas via liberação de calor latente e/ou diluição da salinidade, e o albedo da superfície, pela modulação da cobertura de neve (TRENBERTH et al., 2007; MATO GROSSO, 2012; NASA, 2019).

O foco de calor é considerado nas análises do INPE, como qualquer temperatura registrada acima de 47 °C, não quer dizer necessariamente um foco de fogo ou incêndio, enquanto queimada é uma prática agropastoril ou florestal que utiliza o fogo de forma controlada para viabilizar a agricultura ou renovar as pastagens, é importante manter o fogo confinado à área que será utilizada para a agricultura ou pecuária. Já incêndio florestal é quando o fogo sai do controle (INPE, 2018).

Incêndios na Amazônia resultam em mudanças na estrutura da floresta e condições microclimáticas mais secas, levando ao aumento da suscetibilidade de futuros incêndios florestais, uma vez que na floresta amazônica o fogo dinâmico dos

incêndios leva a averiguar a relação quanto a fonte de carbono atmosférico e alteração na cobertura do solo e as queimadas influenciam na composição atmosférica local, regional e global, com as emissões de queimadas controlam a composição da atmosfera Amazônica, atuam na química no processo das precipitações e pode alterar a distribuição de chuvas, alteram significativamente a concentração das partículas de aerossóis, as quais alteram o mecanismo de produção de nuvens. As mudanças no uso do solo ocasionam alterações nos processos atmosféricos críticos como a microfísica de nuvens, alterando o padrão de precipitação, afetam emissões de gases biogênicos importantes para a formação de partículas e nuvens (COCHRANE et al., 2002; DE ALMEIDA & SOCORRO, 2018).

Já o bioma cerrado no período seco tem o fornecimento de material combustível, é fornecido pelo ecossistema um material fino e seco de fácil combustão, onde a queimadas é um vetor para alteração do uso e cobertura do solo (SANTOS et al., 2018).

2.2 COBERTURA E USO DO SOLO E BIOMAS NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ

A cobertura e uso da terra, bem como os biomas do município de Nova Ubiratã estão dispostos em uma série histórica por meio do MapBiomas, são mapas anuais da cobertura e uso do solo disponíveis de 1985 a 2017, produzido com base em imagens Landsat com 30 m de resolução espacial, a classificação é realizada pixel a pixel, baseados em períodos predefinidos, processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine* com o objetivo de produzir mapas de monitoramento das mudanças de uso e cobertura vegetal do solo, com a vegetação já desmatada. O MapBiomas utiliza como referência o mapa de Biomas Brasileiros do IBGE de 2004, foi refinado com base no mapa de fitofisionomias do RADAM na escala 1:1.000.000 e com base nos limites estaduais do IBGE de 2013 na escala 1:250.000 (PROJETO MAPBIOMAS, 2019).

Os mapeamentos foram divididos em coleções para os seguintes períodos: Coleção 1: 2008 a 2015 (lançada em abril de 2016); Coleção 2: 2000 a 2016 (lançada em abril de 2017); Coleção 2.3: 2000 a 2016 (coleção revisada e lançada em dezembro de 2017), Coleção 3: 1985 a 2017 (lançada em 2018) e Coleção 4: 2019 (PROJETO MAPBIOMAS, 2019).

A qualidade do mosaico é uma composição de pixels de várias cenas Landsat ao longo de um período. Estas cenas têm uma proporção de nuvens e outras

interferências. Assim, cada pixel em cada ano foi classificado de acordo com a quantidade de observações disponíveis, podendo ter de 0 a 23 observações por ano, classificadas em: 1 – Ruim: > 30%; 2 – Regular: 10 a 30% e 3 – Bom: < 10%. No MapBiomas são consideradas as diferenças de classes pixel a pixel entre os mapas dos seguintes períodos: (a) Todos os anos 1985 - 2017; (b) Código Florestal 2008 a 2017; (c) Aprovação do Código Florestal 2012-2017; (d) Inventário Nacional de Emissões (1994-2002; 2000-2010; 2010-2017); (e) quaisquer anos consecutivos (ex. 1985-1986); (f) períodos de cinco anos 1985-1990 / 1990-1995 / 1995-2000 (PROJETO MAPBIOMAS, 2019).

No bioma Amazônia há solos de boa e média fertilidade como podzólicos argissolos e latossolos, embora ocorra também em areias quartzosas (com grossa camada de serapilheira) ou em solos aluviais, sendo que esses solos em sua grande maioria se formam de uma cobertura sedimentar sobre rochas pré-cambrianas e são representados por Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro, sob vegetação de savana, e Latossolo Roxo, sob cobertura de Savana, Floresta ou Contato Savana/Floresta, a vegetação é constituída por grandes porções de florestas: ombrófila e estacional, ora em blocos contínuos, ora entremeados por porções de cerrados e campinaranas (DNIT, 2015; MATO GROSSO, 2019).

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À DETERMINAÇÃO DE QUEIMADAS E INCÊNDIOS FLORESTAIS

O monitoramento dos focos de calor por sensoriamento remoto é realizado no Brasil pelo Centro de Pesquisa do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com análise das imagens de diferentes satélites (das séries NOAA, GOES, AQUA, LANDSAT-8, TERRA e METEOSAT), sensores: *advanced very high resolution radiometer* (AVHRR), *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS); OLI e *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) que rastreiam a superfície terrestre diariamente ou várias vezes por dia, a abordagem de reinicialização poderia ser aplicada usando os dados atuais de fogo ativo via satélite, bem como veículos aéreos não tripulados ou locais de GPS de recursos de supressão. Os sensores fazem uma medição de propriedades das nuvens, fluxo de energia radiante, propriedades dos aerossóis, mudanças no uso e cobertura das terras, queimadas, atividades vulcânicas, entre outros (INPE, 2010 e 2018; UNESP, 2019).

A detecção do foco de calor a ser apresentada no estudo realizou-se por meio do sensor MODIS, desenvolvidos pela *Goddard Space Flight Center* (NASA). O algoritmo de detecção “*pixels* de fogo”, identifica um ou mais incêndios ativos no momento da passagem superior do satélite. A assinatura espectral característica do foco de calor ativo, resulta da diferença na radiação de corpo negro de 4 e 11 μm , emitida nas temperaturas de combustão (GIGLIO et al., 2003; PIROMAL, 2008). Algumas características dos sensores são apresentadas no Quadro 01.

Quadro 1 – Funcionalidade do sensor MODIS/AQUA

| SENSOR MODIS/AQUA | |
|--------------------------|---|
| Lançamento | 2002 |
| Resolução Espacial | Resolução de 1 km. Os pixels se expandem minimamente em direção às margens das digitalizações, faixa de 3000 km. |
| Resolução Espectral | 36 canais espectrais em comprimentos de onda que variam de 0,4 a 14,4 μm . |
| Resolução Radiométrica | 12 bits |
| Cobertura da Terra | 100% de cobertura da Terra. |
| Resolução Temporal | Revisita de 1 a 2 dias (equador) |
| Faixa imageada | 2330 km |
| Passagem (tempo orbital) | Travessia equatorial (01:30, 13:30 PM), horário local. |

Fonte: Adaptado de UCAR, 2013.

O uso produto do MODIS (MYD14) para detecção de áreas queimadas obteve baixa estimativa, superestimando a quantidade de áreas queimadas ao classificar solos expostos, florestas e outros tipos de coberturas da terra como *pixels* “*hot spots*”, uma vez que não detecta áreas queimadas de dimensões pequenas, ou seja, inferior a 1km² (PIROMAL et al., 2008).

2.4 INFRAESTRUTURA BR 242/MT E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÁ/MT

A infraestrutura de transportes é um termômetro da capacidade de um país de garantir com eficácia o processo de desenvolvimento socioeconômico, no entanto devem ser estudados os impactos ambientais que possibilitam avaliar a melhor forma de sua implantação, para tanto sistema de gestão ambiental com implementação de programas para minimizar possíveis consequências negativas referentes à construção do empreendimento (LAUXEN, 2012).

Os incentivos de construção de estradas nas décadas de 60 e 70, consolidadas desde o final da década de 70 por meio de projetos de colonização agrícola e expansão do setor agropecuário, quando estabeleceram na região as primeiras fazendas de gado com incentivos fiscais e financeiros por meio de órgãos governamentais como a Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO) e a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) (DNIT, 2010).

Na década de 1950 foi criada a “Amazônia Legal”, uma fronteira administrativa para administrar um fundo federal destinado a fomentar o desenvolvimento econômico da Amazônia, no entanto inclui cerca de 1 milhão de km² do cerrado, no entanto os números de desmatamento produzidos pelo INPE não levam em conta o cerrado, não apresentando na maioria das estatísticas regionais na Amazônia (LE TOURNEAU, 2016).

Os pesquisadores Barber et al. (2014), avaliaram as relações entre o desmatamento e a infraestrutura na Amazônia e descobriram que quase 95% de todo o desmatamento ocorreu em 5,5 km de estradas ou 1 km de rios, incluindo mais de 190.000 km de estradas não oficiais, ou seja, o desmatamento era muito maior perto de estradas e rios do que em outras partes da Amazônia.

Associado ao processo de desmatamento, o fogo normalmente, é usado para impedir o novo crescimento da vegetação e renovar culturas e pastagens, como nos resultados do levantamento do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES/INPE), que apontou que entre agosto de 2016 e julho de 2017, ocorreram cerca de 6.624 km² de área desmatada na Amazônia, com 20% delas no estado de Mato Grosso, o estudo apontou ainda que, foram mais de 1.341 km² de florestas desmatadas em corte raso (Figura 01) (RAMESH et al., 2015; INPE, 2019).

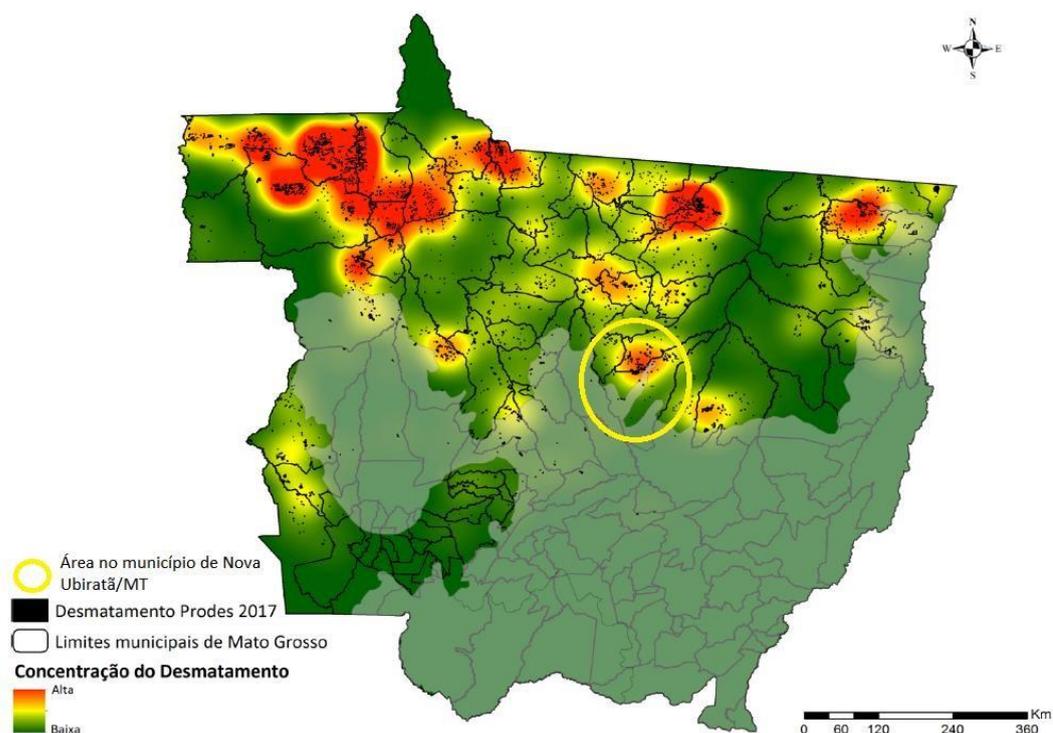


Figura 1 – Regiões de concentração do desmatamento detectado entre agosto de 2016 e julho de 2017 em Mato Grosso.

Fonte: Adaptada do Prodes (INPE), 2019.

O desmatamento na Amazônia não precede das mesmas causas em todos os lugares, não se espalhou uniformemente pela Amazônia, a figura 1 mostra que se concentra principalmente no sul da Amazônia, movendo-se gradualmente para o norte. Esta provisão é em grande parte devido à sua correlação com a construção (ou melhoria) de grandes infraestruturas de transporte (LE TOURNEAU, 2016).

Esse investimento em infraestrutura para atender aos avanços da agropecuária, aparece nas conclusões do relatório final da Avaliação da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) na *Global Forest Resources Assessment 2010* (FRA 2010), a afirmação que cerca de 13 milhões de hectares (ha) de florestas foram convertidos para outros usos (incluindo agricultura) ou foram perdidos por causas naturais a cada ano entre 2000 e 2010 (FAO, 2019).

No Brasil o governo a partir de 1996 tem investido na infraestrutura na Amazônia, sendo eles: Brasil em Ação (1996-1999), Avança Brasil (2000-2003), PPA (Plano Plurianual) (2004-2007), PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) (2008-2011), e PAC-2 (2012-2015), e em 2011, Mato Grosso, segundo a Confederação Nacional dos Transportes (CNT) possuía uma malha viária de 62.519 quilômetros de

estradas federais e estaduais, apenas 7.077 km de rodovias pavimentadas (FEARNSIDE et al., 2012).

E na infraestrutura de transporte a rodovia BR-242/MT localiza-se ao sul do Território Indígena do Xingu (TIX), distando desta TI em aproximadamente 50 km em trecho marcado pela presença de fazendas e elevados índices de desmatamento e dentre as áreas desmatadas, prevaleceram as localizadas em imóveis privados com mais de 100 hectares, ou seja, cerca de 26% em grandes propriedades na bacia do Xingu. E entre agosto de 2016 e julho de 2017 no município de Nova Uiratã a área desmatada foi de 43,5 ha, 0,34% do total no estado (INPE, 2019).

A rodovia BR-242 – também chamada Rodovia Milton Santos – é um projeto de rodovia da década de 1970, que tem por objetivo conectar a região Centro-Oeste do país ao estado da Bahia, e retomada do plano de pavimentação da BR-242 no trecho monitorado por este observatório busca atender às atuais demandas logísticas dos setores ligados à agropecuária da região produtora do Centro-Oeste do país, especificamente no estado do Mato Grosso (DNIT, 2010).

Esse projeto tem sua realização por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal, tendo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) como executor, em parceria com a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) na realização do Projeto de Gestão e Supervisão Ambiental e Execução de Programas Ambientais referentes à trechos Entr. BR-158/MT (Querência); Entr. BR-163/MT (Sorriso), subtrecho Entr, MT - 130 - (Nova Uiratã) (DNIT, 2010).

As Classes de Cobertura e Uso da Terra que predominam no estado de Mato Grosso são: Vegetação Florestal, Vegetação Campestre e Pastagem com Manejo, sendo as maiores mudanças no período 2000 a 2016 com a redução da Vegetação Florestal e o aumento da Área Agrícola (IBGE, 2018).

Com a expansão da fronteira do Estado de Mato Grosso e grandes áreas desmatadas para produção agrícola, houve o avanço do cultivo da soja, milho e algodão, entre outras *commodities* agrícolas, com predominância da soja em rotação, na entre safra com milho e milheto. Esta tipologia de uso está em expansão (em relação à época do imageamento), ampliando-se nas áreas de solos mais adequados, tendo o milho e algodão alta vulnerabilidade ao fogo, que dependendo da umidade do ar e

estágio da cultura, pode apresentar maior influência na taxa de propagação do incêndio, com alterações relativas a fatores como velocidade e direção do vento (DNIT, 2010).

O estado de Mato Grosso, maior produtor nacional de grãos de soja, em 2016 produziu 26.277.303 toneladas de soja colhidos em 9.102.722 hectares, resultando um rendimento médio de 2.887 kg/ha, possui 13 dos seus municípios entre os 20 principais produtores do Brasil, o município de Nova Ubiratã se consolidou como 2^o maior produtor da oleaginosa em Mato Grosso e 5^o maior do país, com 1.391.642 toneladas de soja e apesar da reduzida produção de algodão de 50.845 para 68.040 mil toneladas o município alcançou a 15^a posição no *ranking* estadual, com mais de 600 mil hectares dedicado a agricultura, apresentou incremento na produção em comparação com 2015, com um aumento de 33,9% e um rendimento médio de 3 940 kg/ha, bastante superior à média do estado (IBGE, 2018; IMEA, 2019).

A rodovia BR-242/MT com trajeto compreendido de Sorriso a Querência, considerando a área de influência de 200 km que foi pavimentada e encontra-se em fase de construções de pontes, e de acordo com o Mapa de Influência da BR-242/MT a rodovia com sentido centro-oeste irá favorecer a integração definitiva entre as rodovias federais BR-163 e BR-158 no eixo Norte-Sul, com ligação das atividades produtivas com demais regiões, viabilizando o escoamento da produção agrícola dessa região (Figura 02) (FLORAMAP, 2009; MOVIMENTO PRÓ LOGÍSTICO, 2009) (Figura 2).

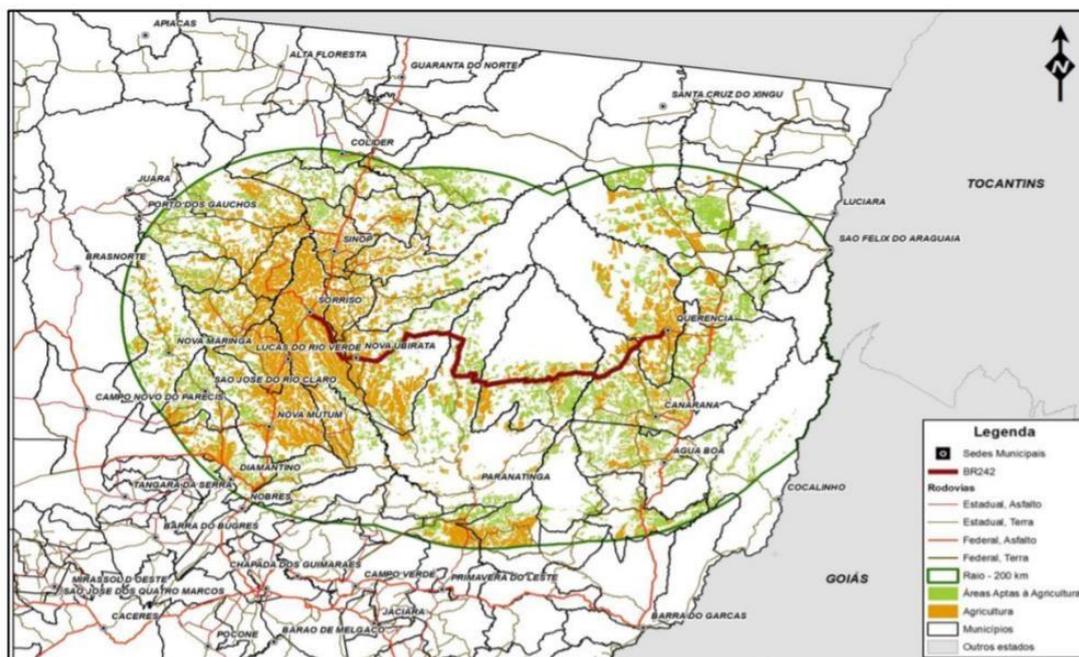


Figura 2 – Mapa de Influência da BR-242/MT, a rodovia com sentido centro-oeste irá favorecer a integração definitiva entre as rodovias federais BR-163 e BR-158 no eixo Norte-Sul, com ligação das atividades produtivas com demais regiões, viabilizando o escoamento da produção agrícola dessa região.

Fonte: Movimento Pró-Logístico, 2009

O Município de Nova Ubiratã possui uma área de cerca de 12.500 km², localizado na região médio-norte do Estado de Mato Grosso, situado no km 85 da Rodovia, MT-242, a 495 km da capital Cuiabá, no sul do Planalto dos Parecis, aproximadamente no limite entre o Domínio Amazônico e o Domínio dos Cerrados, Nova Ubiratã faz parte da macrorregião do médio-norte sobre o Planalto dos Parecis, com mais 15 (quinze) municípios: Cláudia, Feliz Natal, Ipiranga do Norte, Itanhangá, Lucas do Rio Verde, Nova Maringá, Nova Mutum, Santa Carmem, Santa Rita do Trivelato, São José do Rio Claro, Sinop, Sorriso, Tapurah, União do Sul e Vera. O relevo e clima da região são propícios para a produção de culturas perenes. A macrorregião faz fronteira com todas as outras macrorregiões do estado, mas possui ligações através de estradas apenas com as regiões norte e centro-sul, principalmente, pela rodovia BR-163, por onde toda safra é escoada (IBGE, 2010; IMEA, 2019).

O município de Nova Ubiratã/MT foi elevado à categoria de município em 1995 sendo desmembrada das cidades de Vera e Sorriso (Quadro 2). É o terceiro maior produtor de grãos do estado, com uma área destinada à agricultura com cerca de 400 mil hectares, principalmente a soja, seguido pelo milho e algodão. O município com biomas Amazônia e Cerrado, incidência de florestas nativas, é cortado pela BR-

242/MT facilitando o escoamento dos grãos produzidos para os portos de Miritituba, Santarém, Santos e Paranaguá, após a pavimentação rodoviária e atualmente com a construção de 8 (oito) pontes, irá impactar com o aumento de tráfego na rodovia que segundo Relatório de Estudos Ambientais BR-242 a vegetação ao longo da região do traçado mantém 28% de vegetação nativa, 72% desmatadas geralmente utilizadas para agricultura ou plantio de pastagens (MOVIMENTO PRÓ-LOGÍSTICO, 2009).

Quadro 2 – Formação administrativa do município de Nova Ubiratã/MT.

| DATA | HISTÓRICO |
|------|--|
| 1995 | Elevado à categoria de município com a denominação de Nova Ubiratã, pela lei estadual nº 6691, de 19/12/1995, desmembrado dos municípios de Vera e Sorriso. |
| 1997 | Constituído Nova Ubiratã como distrito sede. |
| 2003 | Permanece a divisão territorial. |
| 2007 | Divisão territorial, o município é constituído de 7 distritos: Nova Ubiratã, Entre Rios, Novo Mato Grosso, Parque Água Limpa, Piratininga, Santa Terezinha do Rio Ferro e Santo Antônio do Rio Bonito. |
| 2009 | Permanece a divisão territorial. |

Fonte: IBGE, 2018.

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) por meio da Lei nº 6.938 / 1981, estabeleceu para empreendimentos rodoviários, estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento, o licenciamento ambiental, descrito na Resolução CONAMA nº 01/86, que determina o licenciamento prévio por meio de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (ROMANINI, 2000; BANDEIRA & FLORIANO, 2004; FERNANDES et al., 2017).

E entre os anos entre os anos de 2008 e 2012, com intuito de aumentar a infraestrutura rodoviária no Brasil para a distribuição da produção da atividade industrial, o governo federal priorizou o licenciamento ambiental rodoviário (DA SILVA BATALHÃO, et a., 2018).

Os estudos relacionados aos aspectos ambientais da BR-242/MT foram desenvolvidos nos anos de 2009 e 2010 por meio de Relatórios Ambientais Simplificados - RAS, seguindo o que dispõe a Resolução CONAMA nº 237/07, que estabelece regras para definir os estudos ambientais e a competência do Poder Público para fins de licenciamento de empreendimentos com impactos regionais (PBA, 2010).

No projeto de engenharia, o traçado buscou ao máximo coincidir com as estradas estaduais e municipais existentes, distanciar das áreas protegidas como a U.C. Estação Ecológica do Rio Ronuro e T.I. Parque do Xingu, preservou um distanciamento mínimo de 10 km desses territórios, e dentre as alternativas propostas foi selecionada a considerada mais viável conforme o EIA (FLORAMAP, 2009; PBA, 2010; DNIT, 2010).

Assim, após os estudos ambientais, as áreas de influência foram estabelecidas: área diretamente afetada (ADA), a faixa de domínio é de 20 m de cada lado a partir do eixo da rodovia, que somadas perfazem 40 m de faixa de domínio da rodovia pavimentada, área de influência direta do empreendimento (AID) numa projeção paralela ao eixo da rodovia, em suas duas margens, numa distância de 1500 m, perfazendo 3000 m e a área de influência indireta (AII) (Figura 3), considerou-se os meios Físico e Biótico com uma faixa de 15 km, num total de 30 km, restringindo 9 km de limite de amortecimento ao lado norte, respeitando 10 km no entorno das TI's Parque do Xingu e Batovi e UC Estação Ecológica do Rio Ronuro (FLORAMAP, 2009; DNIT, 2010).

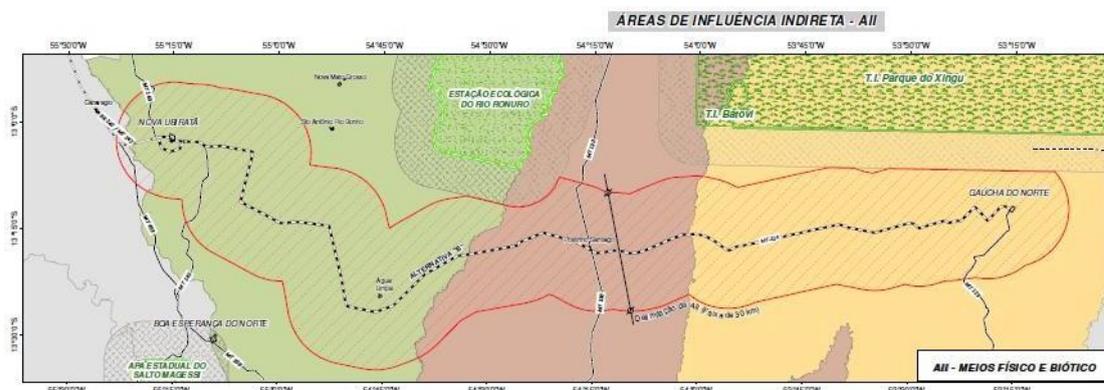


Figura 3 – Limites da área de influência indireta (AII) com uma faixa de 30 km, restringindo 9 km de limite de amortecimento ao lado norte, respeitando 10 km no entorno das TI's Parque do Xingu e Batovi e UC Estação Ecológica do Rio Ronuro.

Fonte: FLORAMAP, 2009.

Com relação a cobertura e uso do solo no município de Nova Ubitatã, após a delimitação do traçado da BR-242/MT indicado no Relatório Ambiental Simplificado (RAS - 2009) e aprovado pela SEMA contempla um espaço territorial com grau de antropização moderado a alto, seja pela pecuária, atividade mais persistente ao longo dos anos, ou pela agricultura moderna atual, causa preocupação na faixa de domínio da

rodovia, quanto ao risco de queimadas que comprometem a segurança dos usuários (DNIT, 2010).

O ano de abertura do tráfego é de 2017, com a previsão e projeção do tráfego com base no seu Volume Médio Diário Anual (VDMA) e nos valores dos índices anuais de crescimento esperado do tráfego, foi avaliada a parcela do tráfego futuro, para o segmento em estudo, procedeu-se a projeção de tráfego com taxa de crescimento de 5%, adotando o PIB (Produto Interno Bruto) do estado de Mato Grosso, conforme noticiado no site da Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN) (DNIT, 2014).

De acordo com a Licença de Instalação (LI) nº1170/2017 do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) de julho/2017, o trecho pavimentado da BR 242/MT - subtrecho entroncamento BR 163/MT/242 (Sorriso), iniciado em Nova Ubitatã (MT-140) e finalizado na última obra de arte especial do lote 4 (Gaúcha do Norte, MT-130), perfazendo uma extensão de 454,75 km (IBAMA, 2017).

De acordo com o Programa de Fiscalização e Controle da Ocupação da Faixa de Domínio da BR-242 a realização de queimadas para limpeza de terreno é bastante comum na região, o que torna relevante a temática deste estudo, devido à importância de alertar e incentivar a prevenção a focos de incêndios e queimadas, conscientizando os usuários sobre os riscos à segurança e ao meio ambiente (DNIT, 2010).

Estudos indicam que os assentamentos e as rodovias estão associados aos incêndios causados pelo homem, e resultam de uma combinação de fatores, acidentais ou propositais e das condições ambientais da geração e da propagação do fogo. O diagnóstico dos focos de calor em PAs é o início de uma proposta de Manejo Integrado do Fogo (MIF), e seu sucesso depende do tamanho do PA, localização geográfica e isolamento, densidade humana e atividades/pressões no entorno, capacidade operacional (bombeiros, equipamentos), treinamento da brigada de incêndio local e apoio da comunidade local.

2.5 ÍNDICES DE PREVISÃO DE RISCO DE INCÊNDIO

Os índices de previsão de risco de incêndios florestais são utilizados no planejamento e gestão da prevenção e combate aos incêndios, entretanto, não existe um parâmetro definido que avalie a eficiência destes índices.

Uma forma de avaliar o risco de incêndio é utilizando a Fórmula de Monte Alegre (FMA) (Soares, 1972; 1998). A FMA foi o primeiro índice preditivo do país, hoje é utilizada por várias instituições para auxiliar na estimativa do grau de risco de incêndio promovendo as ações de prevenção e combate. Ela considera que quanto maior for a sequência de dias com a umidade relativa baixa e sem chuva, maior será o risco climático de incêndio florestal.

2.6 REPRESENTAÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DOS FOCOS UTILIZANDO O ESTIMADOR *KERNEL*

No contexto das Geotecnologias esse termo faz referência a um método estatístico de estimação de curvas de densidades dos focos de calor, especializados na escala do município de Nova Ubiratã, utilizou-se a metodologia descrita por Parzen (1962), com base em informações locais e calculando a intensidade de um evento em toda a área, por meio de dados georreferenciados, onde uma das observações é ponderada pela distância em relação a um valor central, o núcleo (PARZEN, 1962; DUONG, 2007).

O método é implementado por meio do software para ler o banco de dados, calcular a média diária de focos de calor e, com uso da função de Kernel density, estimar a densidade que representa a foco de calor para todo o mapa do município que permitem colocar uma superfície de forma suave (núcleo) sobre cada ponto, conforme mostrado na Figura 04. Neste estudo, o processamento dos dados foi realizado usando o *software* ArcGis 10.5 (BAILEY; GATRELL, 1995; ANDERSON, 2009; SHAD; RAHIMI, 2017).

Para cada *kernel*, o modelo aplica uma função descrita pela equação 1 generalizada:

$$f(s) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{u_i}{h}\right) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$f(s)$ é a estimativa de densidade no local s , n é o número de observações, h é a largura de banda ou tamanho do *kernel*, K é a função do *kernel* e d_i é a distância entre o local s e a localização da i -ésima observação.

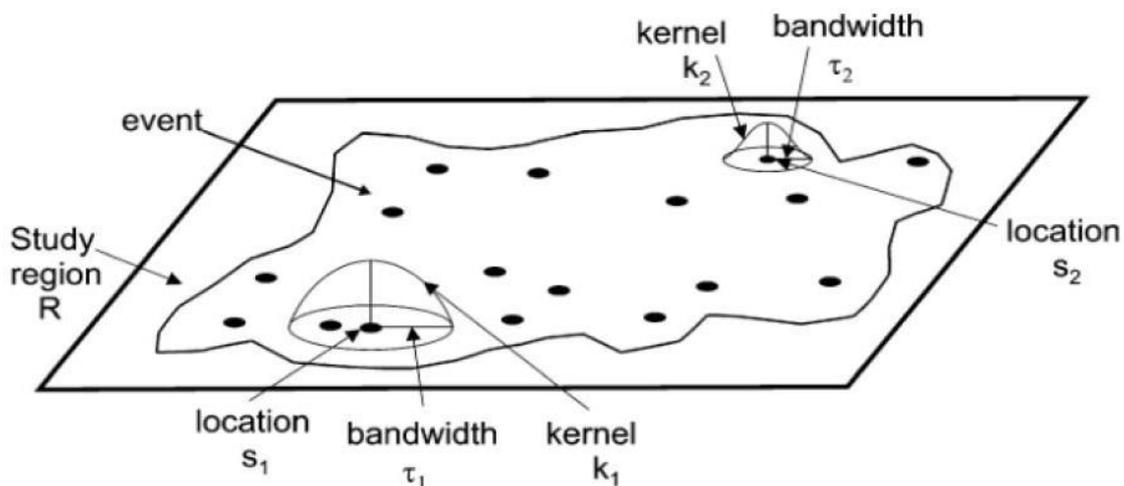


Figura 4 – Princípio da densidade do núcleo. (R – Região de estudo; τ_1 e τ_2 – largura de bandas, s_1 e s_2 – locais, medida nos pontos s ; s_i é o número de amostras (eventos, observações etc.); k_1 e k_2 – funções kernel).

Fonte: Bailey; Gatrell (1995).

Os resultados variam de 1 a localização do ponto e 0 no limite do *kernel* e o valor para cada pixel é obtido somando os valores de todos os núcleos que se sobrepõem a o centro do pixel, dividido pela área do kernel e o mapa final fornece a soma desses resultados para cada pixel em que os pontos estão sobrepostos, variando a largura da banda, é possível obter superfícies mais suaves ou mais nítida e analisar os fenômenos em diferentes escalas (BAILEY; GATRELL, 1995).

A partir da densidade do núcleo, foram criados mapas para cada ano e de acordo com sua cor e tonalidade, da seguinte forma: vermelho para densidade muito alta ; laranja para densidade alta; amarelo para densidade média; verde claro para densidade baixa e verde escuro para densidade muito baixa, considerando que essas classes e classificações foram baseadas no estudo de Barbosa et al. (2018), e na descrição metodológica relativa à classificação da densidade de *Kernel*, em que o número de classes não deve exceder sete classes descrita por Gilmartin & Shelton (1989). Os mapas interpolados pela densidade do *kernel* têm uma resolução de 1 km (GILMARTIN; SHELTON, 1989; VICENTE et al., 2018).

O uso desse método é uma alternativa para análise geográfica do comportamento de padrões, é muito utilizado para mapear e estimar a distribuição dos pontos no espaço utilizando a estatística não paramétrica por meio da função de Núcleo, os parâmetros utilizados por este método é a largura da banda ou do raio de influência que define as amostras que serão utilizadas para estimar o valor em um ponto não amostrado (DUONG, 2007; BARBOSA, 2014).

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso (CBMMT) não possui bases em todos os municípios do Estado, o monitoramento é feito por meio dos focos de calor registrados pelo INPE, a verificação é realizada pela Base Descentralizada Bombeiro Militar (BDBM) mais próxima, que após a visita *in loco*, inicia o combate provendo a primeira resposta. A prevenção ativa são as ações desenvolvidas pelas equipes de intervenção do Comitê Temporário Integrado Multiagências de Coordenação Operacional (CIMAN) que tem como objetivo principal inibir as queimas não autorizadas e os incêndios florestais por meio de Monitoramento em áreas temáticas como Assentamentos, Terras Indígenas, Unidade de Conservação Municipal, Estadual e Federal (CBMMT, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste item serão descritos os produtos, ferramentas e procedimentos adotados para o desenvolvimento dos objetivos desta dissertação.

3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO MUNICÍPIO DE ESTUDO

O município de Nova Ubiratã, localizado a 506 km da capital do estado de Mato Grosso tem como coordenadas de referência 12°59'26" Sul e 55°15'17" Oeste e altitude 400 m, foi o objeto de deste estudo. Possui uma área territorial de 12.500,114 km², com uma população de 11.694 habitantes (Censo 2010) (IBGE, 2018) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) 0,669 (IBGE, 2018) (Figura 5).

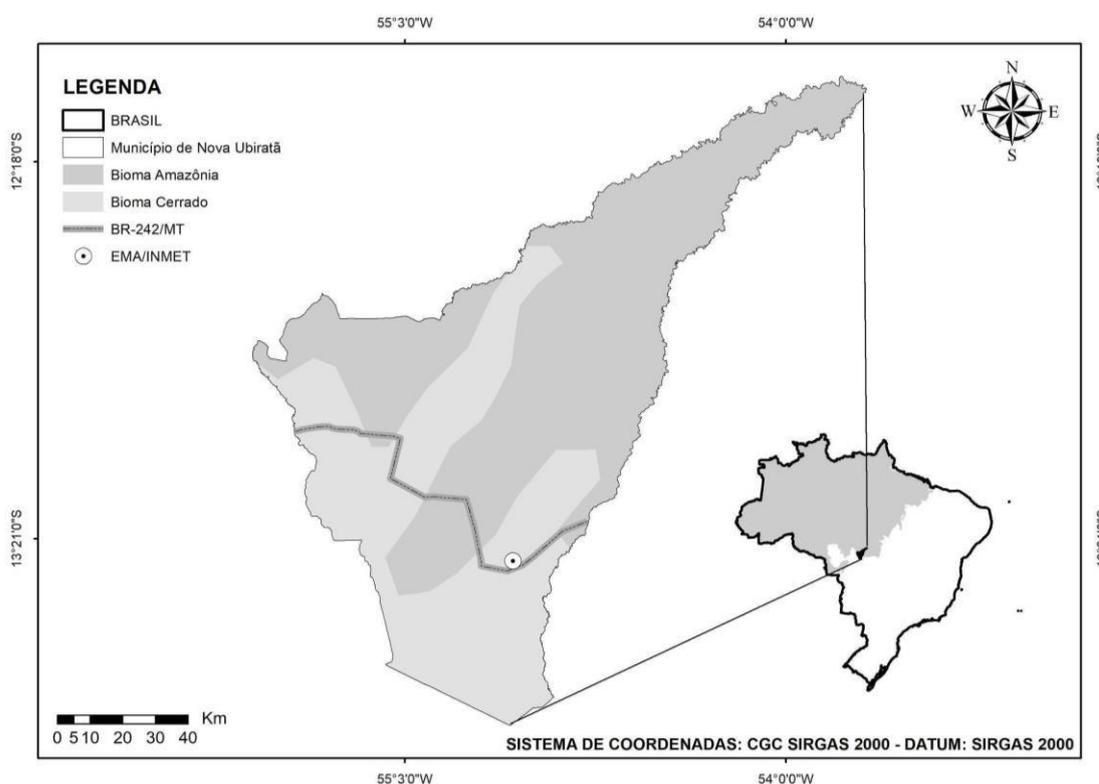


Figura 5 – Localização do município de Mato Grosso no Brasil, com biomas Amazônia (59,28%) e Cerrado (40,72%), a localização da rodovia federal BR-242/MT e a Estação Meteorológica Automática (código A-929, 13,411105 S, 54,752144 O).

Fonte: IBGE; INMET, 2018.

O município de Nova Ubiratã é cortado pela rodovia federal BR-242/MT sentido Leste – Oeste, nas proximidades da BR-163/MT, faz divisa com os municípios de Paranatinga, Vera, Sorriso e Santa Rita do Trivelato, possui uma Unidade de Conservação (UC) estadual, a Estação Ecológica (ESEC) Rio Ronuro (Decreto de Estadual nº 2.207 de 23/04/1998 - SEMA).

Esta área contempla os biomas Amazônia e Cerrado, na mesorregião do Norte Mato-grossense e microrregião do Alto Teles Pires (IBGE, 2018).

3.2 ESTIMATIVA DO RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL BASEADOS EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

O Risco de Incêndio Florestal (RIF) foi estimado por meio da Fórmula de Monte Alegre utilizando variáveis de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, de acordo com Soares e Paez (1972), conforme equação 2.

$$FMA = \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{H_i} \right) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que, FMA é a Fórmula de Monte Alegre; H é a umidade relativa do ar (%) medida às 13 horas; n é o número de dias sem chuva.

O Risco de Incêndio do dia considera a condição do grau de risco estimado pela FMA de acordo com a classificação desenvolvida por Nunes et al. (2005) (Quadro 3).
Quadro 3 – Classificação do grau de risco de incêndio com base na variação da FMA.

| Valor de FMA | Grau de Risco |
|--------------|---------------|
| $\leq 1,0$ | Nulo |
| 1,1 a 3,0 | Pequeno |
| 3,1 a 8,0 | Médio |
| 8,1 a 20,0 | Alto |
| $> 20,0$ | Muito Alto |

Fonte: Adaptado de Nunes et al. (2005).

Os dados meteorológicos utilizados para a determinação da FMA foram obtidos a partir de dados da estação automática do INMET. As variáveis utilizadas foram umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. A estação meteorológica foi de Nova Ubiratã, código A929 (13°24'S; 54°45'W, altitude 518 m), dados foram disponibilizados em médias horárias, foram utilizados dados de 2008 a 2017.

Os dados da precipitação pluviométrica acumulada, foram complementados com informações disponibilizadas pela Fazenda Água Limpa, distrito de Água Limpa, localizada a 87 km da cidade de Nova Ubiratã/MT, utilizados dados de 2010 a 2017.

3.3 UTILIZAÇÃO DO PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DA COBERTURA E USO DO SOLO NO BRASIL (MAPBIOMAS).

A análise da mudança de canal da cobertura e uso do solo foi realizada por mosaicos anuais produzidas pelo projeto MapBiomias a partir de imagens Landsat formado por *pixels* de diferentes imagens ao longo do ano. A descrição completa do projeto encontra-se em <<http://mapbiomas.org>> (PROJETO MAPBIOMAS, 2019).

O MapBiomias trabalha com o conceito de coleção de dados, neste trabalho foi utilizada a versão 4.0, no entanto, a cada nova coleção todo conjunto de dados pretérito é reprocessado com base nos novos métodos e algoritmos, as classes majoritárias encontradas no mapeamento são: Floresta, Formação Natural não Vegetal, Agropecuária, Área não Vegetada e Corpos d'água (PROJETO MAPBIOMAS, 2019). Portanto, dada a inovação, a confiabilidade e a fácil utilização, o projeto MapBiomias se mostra adequado para análise de uma série histórica como a do estudo do município de Nova Ubiratã/MT, para classificações para os anos de 2008 a 2017.

3.4 DADOS DE FOCOS DE CALOR

Os dados de focos de calor foram obtidos do banco de dados do Programa de Queimadas (BDQueimadas) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018).

Apresentam os focos de calor recentes detectados pelos satélites AQUA_MT “satélite de referência” sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) resolução espacial de 1km, passagem do início da tarde, nos anos de 2008 a 2017, para a malha municipal foram obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) (Figura 6).

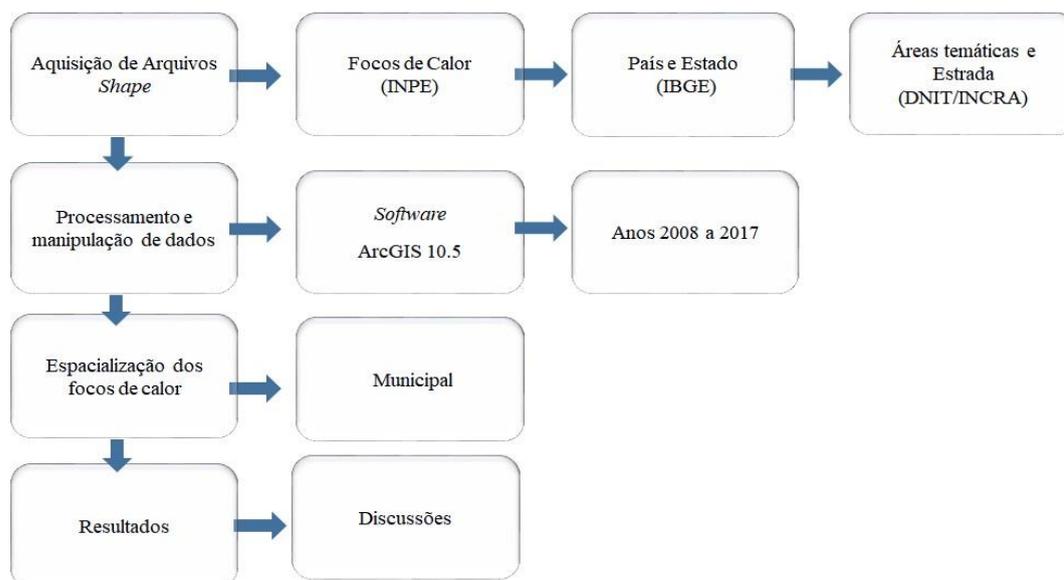


Figura 6 – Fluxograma da metodologia utilizada para análise dos dados de focos de calor adquiridos do BDQueimadas.

3.5 MAPEAMENTO DA DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR PELOS MAPAS DE *KERNEL*

Para a análise espacial e estatística dos focos de calor obtidos do BDQueimadas (INPE) foram calculadas dentro da região de estudo para o período de 2008 a 2017, utilizando o estimador de densidade kernel da extensão *Spatial Analyst tools* do software ArcGis 10.5®, juntamente com a metodologia proposta por Barbosa et al. (2014) que consiste em traçar a intensidade do ponto a partir do núcleo, correspondendo ao seu raio de influência, tendo como resultados gerados pela densidade do núcleo uma variação de 1 na posição do ponto até 0 na borda do raio de influência, facilitando a identificação de áreas com maior incidência de focos de fogo e seu comportamento espacial.

A partir da densidade de *kernel*, foram criados dez mapas de focos de calor, classificados com níveis de densidades que variam de acordo com a cor e tonalidade, dividida em 5 classes: muito baixa (verde com tonalidade mais escura), baixa (verde com tonalidade mais clara), média (amarela), alta (laranja) e muito alta (vermelha).

Na análise dos padrões espaciais de ocorrência de incêndios em Nova Ubiratã/MT dos anos de 2008 a 2017, “*pixels* de fogo” discriminados por meio de imagens de sensoriamento remoto de resolução de 30 m, foram usados os dados de focos de calor.

3.6 ÁREA A DE ABRANGÊNCIA DOS FOCOS DE CALOR DA RODOVIA BR-242/MT NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ-MT

Para a análise espacial e estatística dos focos de calor obtidos do BDQueimadas (INPE) foram calculadas dentro da região de estudo para o período de 2008 a 2017, utilizando a ferramenta buffer do *software* ArcGis 10.5. Utilizou-se análise de *Buffer* (distância em duas classes de 0 – 5 km e 0 – 20 km ao longo do corredor da BR-242), para estimar a distribuição dos focos de calor no município.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram organizados para serem apresentados de acordo com os aspectos analisados: condições climáticas; grau de perigo de incêndio; variação anual dos focos de calor nos biomas Amazônia e Cerrado; densidade de focos de calor no município de Nova Uiratã-MT.

4.1 DESCRIÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS

A variabilidade anual de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, nos anos de 2009 a 2018 em Nova Uiratã/MT, é mostrada na figura 8.

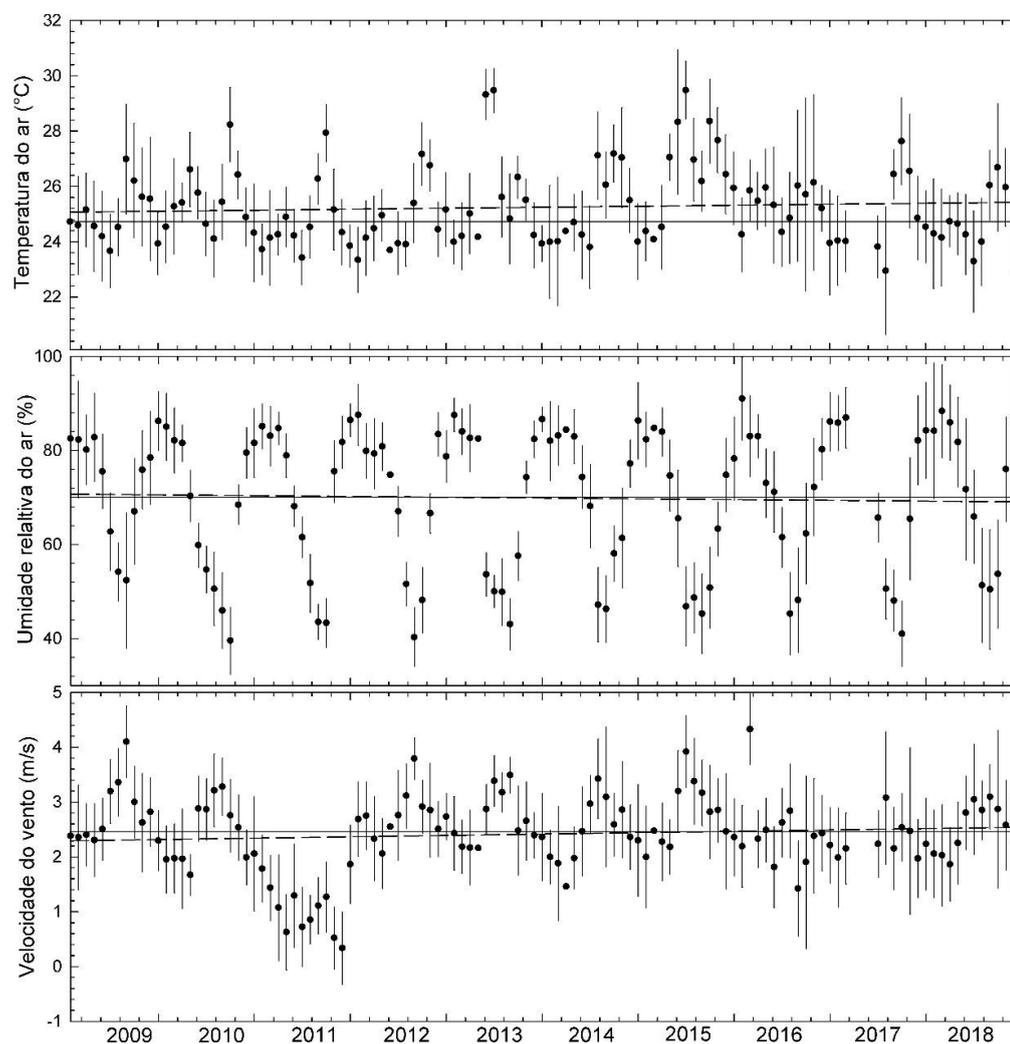


Figura 7 – Variabilidade anual de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento ($m \cdot s^{-1}$), dos anos de 2009 a 2018 em Nova Uiratã/MT. A linha sólida representa as médias mensais e a tracejada a linha de tendência.

Fonte: INMET, 2018.

A temperatura e a umidade do ar, velocidade do vento, apresentaram sazonalidade definida. As médias mensais da temperatura do ar e da velocidade do vento foram mais elevadas no período de estiagem, a velocidade média do vento foi de 3 m.s^{-1} (60% dos dados), temperatura média do ar de $25,24^{\circ}\text{C}$, e umidade média do ar com 69,89%. O baixo índice pluviométrico e a baixa umidade do ar fazem com que a vegetação se torne mais seca, constituindo um material combustível que facilita a origem do fogo (PHILIPP, 2007).

A temperatura do ar tem pouca influência na quantidade de energia liberada pelo fogo, os efeitos são indiretos, quanto mais aquecido está o ar e o material combustível, menor o calor necessário para ignição (BATISTA, 1990). Portanto a temperatura do ar não foi utilizada na predição de incêndio florestal.

O vento tem papel secundário na ignição e propagação, já a umidade relativa do ar quando reduzida em 30% ou menos, dificulta extremamente o controle do fogo (PHILIPP, 2007; LORENZON et al., 2018).

Seger et al. (2013), classificou a velocidade do vento (m.s^{-1}) para propagação do fogo em: Ótimo (1,38 a 4,17), Mínimo (0,28) e Máximo (5,5), os ventos suaves transportam fagulhas, contribuindo para ignição do material combustível, e inclinando as chamas até os materiais não queimados, à frente do fogo, ativando a fase de pré-aquecimento (FERNANDES, 2002; LORENZON et al, 2018). A direção e a forma de propagação dos incêndios são também determinadas principalmente pelo vento (SOARES, 1985; PHILIPP, 2007).

Nos estudos de Torres et al. (2010), a correlação entre alguns elementos meteorológicos isolados e ocorrências de incêndios, mostrou que o único elemento que apresentou correlação não significativa foi a velocidade do vento.

4.2 ÍNDICE DE RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL

As classificações de risco de incêndio foram mapeadas para a região com base na FMA, analisado o grau de risco de incêndio estimado (Figura 8), conforme Quadro 3.

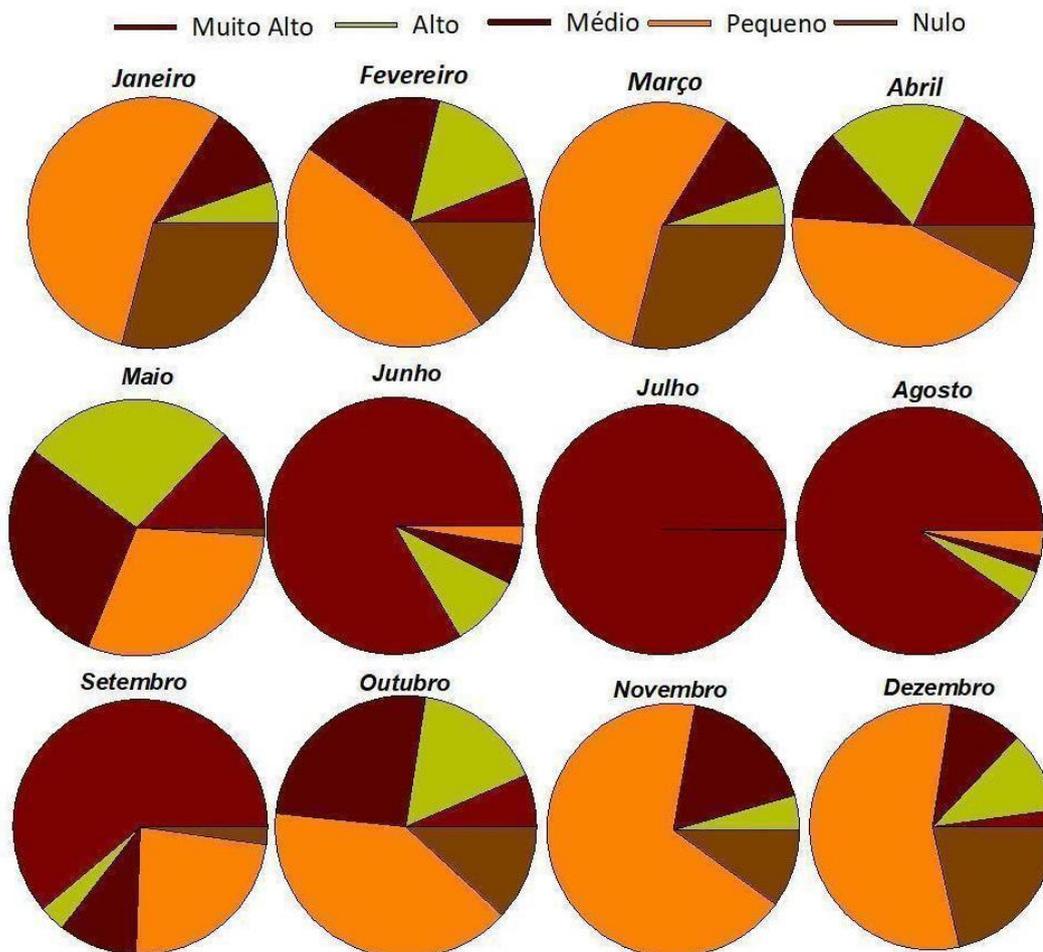


Figura 8 – Risco de incêndio florestal baseado nas condições climáticas no município de Nova Uiratã/MT, de acordo com a FMA. Grau de Risco: Nulo ($\leq 1,0$); Pequeno (1,1 a 3,0; Médio (3,1 a 8,0); Alto (8,1 a 20,0) e Muito Alto ($> 20,0$).

Fonte: Programa BD Queimadas (INPE, 2018).

Com base nos dados obtidos e de acordo com as condições da FMA, observou-se que os meses janeiro a abril, novembro e dezembro apresentaram grau de risco “pequeno”, já os meses de junho a setembro (estação seca) foram predominantemente “muito alto”, com isso podemos sugerir uma relação entre o grau de risco de incêndios com o período de chuvas na região estudada, pois a FMA considera que quanto maior for a umidade relativa do ar menor será o grau de risco de incêndio.

Quando os valores da precipitação média diária foram inferiores a 1 milímetro, o grau de perigo da FMA foi muito alto e isso aconteceu nos meses de junho a setembro, quando a precipitação média diária foi igual ou superior a um milímetro, o grau de perigo variou de pequeno a alto, isso ocorreu nos meses de novembro a abril.

O baixo índice pluviométrico e a baixa umidade do ar fazem com que os vegetais se tornem mais secos, constituindo um material combustível que facilita a origem do fogo (SOARES, 1985).

A predominância do grau de risco muito alto em um período bastante longo (junho a setembro) são indicativos de que a área estudada é bastante propensa à ocorrência de incêndios florestais.

Os meses de julho a agosto foram caracterizados como “muito alto” para as regiões norte e noroeste do Estado de Mato Grosso, e concluíram que o resultado obtido mostrou bom desempenho da FMA para as condições de Mato Grosso (PHILIPP, 2007; DE SOUZA et al., 2012, MACHADO et al., 2014).

Para validar os dados obtidos nos índices de risco da FMA, fez-se uma comparação com os dados de focos de incêndio, obtidos no BDQueimadas, e os biomas predominantes na área de estudo (Amazônia e Cerrado) (Figura 9).

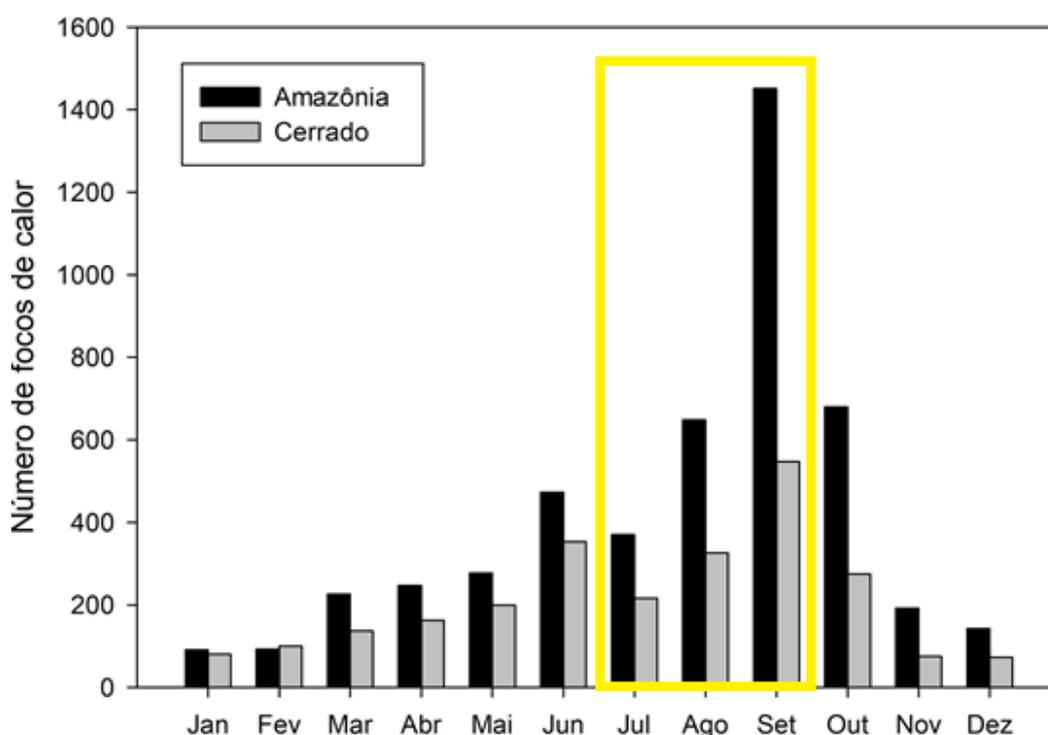


Figura 9 – Número de focos de calor mensais nos biomas Amazônia e Cerrado no município de Nova Ubitatã/MT nos anos de 2008 a 2017. A área selecionada (em destaque) corresponde ao período proibitivo de queimadas.

Fonte: Programa BD Queimadas (INPE, 2018).

Na variação mensal observou-se a tendência de aumento das ocorrências de focos de calor a partir de junho, atingindo o máximo em setembro. No intervalo de junho a outubro os focos de calor corresponderam a 67% do total detectados nos anos de 2008 a

2017. Os meses mais secos do ano, notoriamente apresentam maior quantidade de focos de calor, sendo o mês de setembro como o de maior percentual de focos de calor (26%) no intervalo do estudo.

Em geral foram detectados maior ocorrência no final da estação seca (agosto-setembro) corroborando os resultados do estudo de Machado et al. (2014), apontaram elevada temperatura na transição entre a estação seca e chuvosa (setembro-outubro).

O mês de setembro ao final da estação seca, resultaram em uma condição climática que altera a vegetação, maior potencial de inflamabilidade, aliadas às ações antrópicas propiciam as ocorrências de incêndios florestais.

A baixa umidade relativa do ar nos meses de julho e agosto é justificada, devido a circulação da baixa troposfera que se move para o norte do cavado equatorial, proporcionando um deslocamento do ramo descendente da célula de *Hadley* sobre a Amazônia, inibindo a formação de nuvens e, conseqüentemente, de chuvas nessa região (NEPSTAD et al., 2001; FEARNSSIDE, 2006; MARTINS, 2018).

As sanções impostas ao uso do fogo, como a Proibição das Queimadas determinada pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso (CBMMT) anualmente é realizada no intervalo entre 15 de julho e 15 de setembro, podendo ser antecipado ou prorrogado, de acordo com as condições climáticas (Quadro 4) (MATO GROSSO, 2019).

Quadro 4 – Datas de ocorrências de Prorrogação do Período Proibitivo de Queimadas no Estado de Mato Grosso.

| DATAS DE PRORROGAÇÃO DO PERÍODO PROIBITIVO DE QUEIMADAS NO ESTADO DE MATO GROSSO | | |
|--|--------------------|-------------|
| Legislação | Prazo | Prorrogação |
| DECRETO Nº 1.604, DE 30-09-2008 | 15/07 a 15/09/2008 | 10/10/2008 |
| DECRETO Nº 1.212, DE 02-10-2017 | 15/07 a 15/09/2017 | 15/10/2017 |

Fonte: MATO GROSSO, 2019.

4.3 MUDANÇA NA COBERTURA E USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ-MT

De acordo com os dados do projeto MapBiomass (2019), o município de Nova Ubiratã possui uma área de aproximadamente 12.490 km², a cobertura é formada predominantemente de vegetação nativa (69%), seguida pela agropecuária ocupando 30% (Figura 10).

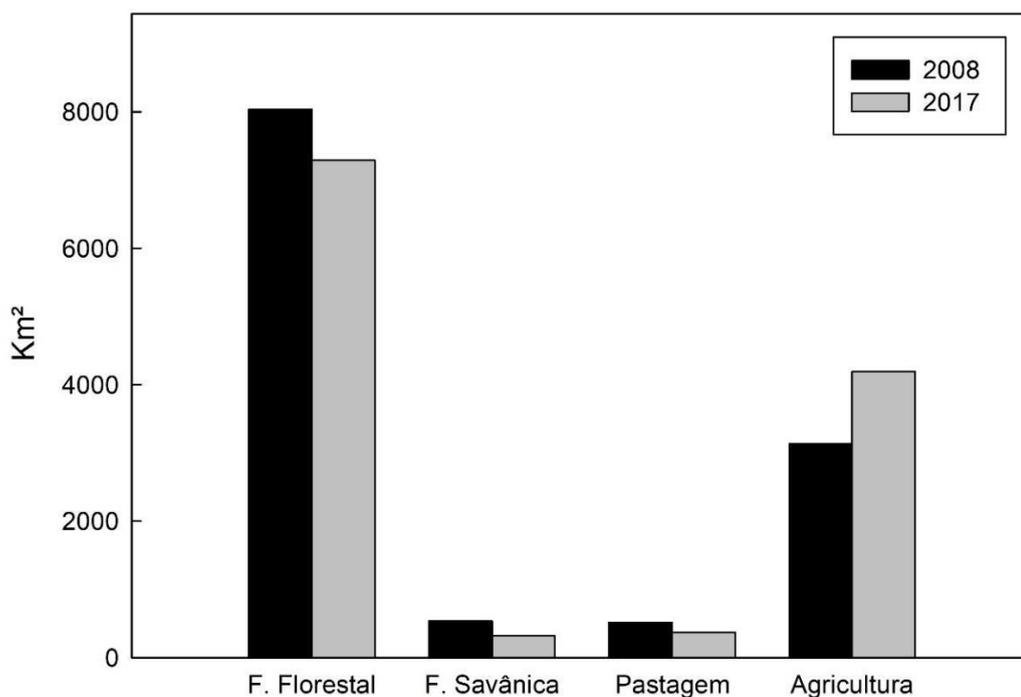


Figura 10 – Cobertura e uso do solo no município de Nova Ubiratã/MT nos anos de 2008 e 2017).

Fonte: PROJETO MAPBIOMAS, 2019.

Na análise da cobertura do solo no período de estudo, os resultados indicam uma redução de cerca de 8% de formação florestal e savânica, convertida para a agricultura (cultivo anual e perene) que teve aumento na mesma proporção, de cerca de 8% (Figura 10), ou seja, toda a área de formação florestal desmatada foi convertida em uso para agricultura.

Oliveira Junior et al. (2019), constataram que no acumulado total dos desmatamentos identificados até 2017 para o Bioma Amazônia, 36% foram mapeados como área de formação florestal, 49% como pastagem, 7% como agricultura/pastagem e 8% como outros usos, segundo o MapBiomias. Os resultados indicaram que a abordagem utilizada pelo MapBiomias para a classificação da cobertura da terra é conservadora, pois boa parte dos desmatamentos mapeados é classificada como formação florestal. A conversão da floresta em pastagem e agricultura estimulado pela pavimentação da rodovia BR-163, mas a magnitude desse efeito responde às intervenções do governo e da sociedade civil que começaram aparecer nos últimos anos (Laurance, 1998; Nepstad et al., 2002).

4.4 VARIAÇÃO ANUAL DOS FOCOS DE CALOR NOS BIOMAS AMAZÔNIA E CERRADO EM 2008 A 2017

A área compreendida pelo município de Nova Ubiratã é composta pelos Biomas Amazônia e Cerrado, sendo o Bioma Amazônia predominante na região e o mais afetado pelos focos de calor.

Para uma análise geral da dinâmica de incêndios florestais no município de Nova Ubiratã/MT, segue uma tabela resumo (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados de uso de cobertura do solo e focos de calor do município de Ubiratã/MT.

| | Área municipal (%) | 0 - 5 km (%) | 0 - 20 km (%) |
|---------------------------------------|--------------------|--------------|---------------|
| Bioma | | | |
| Amazônia | 66 | 04 | 11 |
| Cerrado | 34 | 06 | 18 |
| Cobertura do solo 2008 | | | |
| 1. Urbana | 0,44 | 0,44 | 0,00 |
| 2. Rural | 99,5 | 9,23 | 29,6 |
| Cobertura do solo 2017 | | | |
| 1. Urbana | 1,10 | 1,10 | 0,00 |
| 2. Rural | 89,90 | 9,65 | 33,9 |
| Número de focos de calor 2008 | 6,12 | 9,67 | 29,6 |
| Número de focos de calor 2017 | 6,13 | 10,75 | 33,9 |
| Focos de calor (%) 2008 e 2017 | 12,25 | 20,43 | 63,5 |

Fonte: Programa BD Queimadas (INPE, 2018)

No período de 10 anos analisados, constatou-se que os focos de calor detectados no bioma Amazônia foram de 66,31% e no Bioma Cerrado de 33,69%, no entanto nos meses de outubro de 2008 e setembro de 2017, houve uma inversão, enquanto o Bioma Amazônia teve um aumento foi de 1,35% o Bioma Cerrado apresentou uma redução de 2,61%.

Quanto ao total de focos de calor, o ano de 2010 destacou-se com 16,38% do total de no município, enquanto os demais anos variaram entre 6% e 9%, uma indicação da associação das condições climáticas. Anderson et al. (2018), em seus estudos na Amazônia, usando técnicas de sensoriamento remoto de medidas de estádios de

vegetação, observou que nos anos de 2005 e 2010, relataram perda de 10% da vegetação, refletindo assim um aumento da intensidade da floresta afetada que pode estar ligado às secas anteriores.

A ocorrência de grandes incêndios e prolongados períodos de seca, assim como as queimadas estão associadas a períodos sem chuva, portanto essa diminuição de chuvas e de umidade na Amazônia também tem sido documentada devido aos grandes processos de conversão da cobertura florestal para pastagens e agricultura (WHITE, RIBEIRO, 2011; ANDERSON et al., 2017).

E como incentivo aos avanços da agropecuária na região, temos projetos do governo, como o PAC (2007-2011), que viabilizou a implantação da rodovia BR-242/MT, apresentado no Movimento Pró-Logístico de 2009 que pleiteou junto ao governo o projeto como alternativa para escoamento da produção agrícola da região para o porto de Salvador/BA (DNIT, 2014).

Em suma, apesar das mudanças climáticas terem papel significativo na alteração dos regimes de futuros incêndios, a maioria é de origem antrópica, assim o contexto geográfico e a influência humana devem ser considerados na gestão de políticas públicas, principalmente para promover e incentivar a regularização de queima, suas autorizações, orientações técnicas, alternativas ao uso do fogo.

4.5 DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ-MT

A figura 11, apresenta os resultados de interpolações feitas a partir dos dados de focos de calor do município de Nova Ubiratã/MT aplicando a técnica de kernel com dados do BDQueimadas do período de 2008 a 2017.

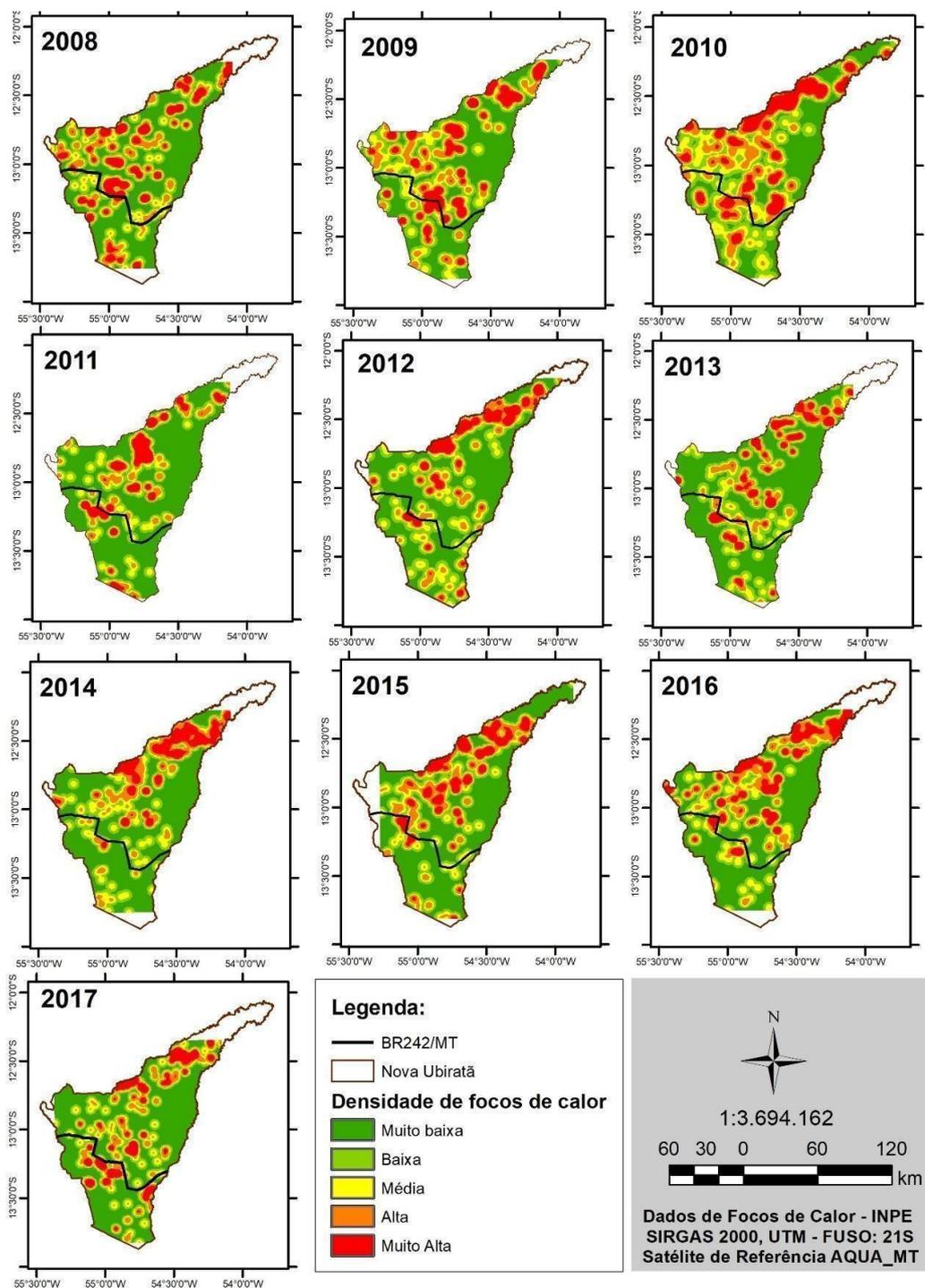


Figura 11 – Estimativa da densidade do núcleo dos focos de calor nos anos de 2008 a 2017 em Nova Ubiratã/MT.

Fonte: Programa BD Queimadas (INPE, 2018).

A partir dos mapas de espacialização dos focos de calor, observou-se a seguinte distribuição: cor mais intensa (vermelha) concentrada na proximidade da rodovia BR-242/MT para os anos 2008 a 2010, e mais afastada a partir de 2011, principalmente ao norte do município, nas áreas destinadas a assentamentos humanos. As concentrações de

densidade muito baixa (tonalidade verde mais escura), destacou-se a UC ESEC Rio Ronuro, inferindo-se que a unidade de conservação está desempenhando sua função de preservação em relação às queimadas.

Moreira et al. (2019), constataram que 28% dos focos de calor no município de Nova Ubiratã estão localizados nas áreas de assentamentos rurais, independentemente do tempo ou do período do ano, relacionadas a fatores como: nº de assentamentos, extensão territorial, nº de famílias e tipo de cultura praticada.

Esses resultados corroboram com o estudo de Anderson et al. (2017), que relatam que 39% do total de focos de calor detectados na sua área de estudo foram localizados em projetos de assentamentos.

A análise da distribuição de frequência de fogo, a distribuição da densidade dos focos de calor no município, o número de incidência pode estar relacionado a diversos fatores, alguns deles relacionado aos assentamentos como: a extensão territorial, o número de famílias e o tipo de cultura praticada.

A densidade de focos de calor detectados no município a maior incidência foi nas áreas destinadas aos projetos de assentamentos, que ainda utilizam a prática de limpeza de pastagem com uso do fogo, com registros de focos de calor em todos meses do ano.

4.6 CONCENTRAÇÃO DOS FOCOS DE CALOR NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA RODOVIA BR-242/MT NO MUNICÍPIO DE NOVA UBIRATÃ-MT

A partir da área total de município de Nova Ubiratã /MT, no corredor da rodovia BR-242/MT que corta o município com 156 km, buscou-se identificar e quantificar os focos de calor na área de abrangência da rodovia a partir do eixo central da rodovia nas distâncias entre 0 – 5 km e 0 – 20 km com intuito de correlacionar e avaliar a influência da implantação da rodovia na área de influência indireta para os anos entre 2008 e 2017.

A área de abrangência de 20 km foi determinada pela equipe de gestão ambiental da BR-242/MT baseados na área de influência indireta da rodovia e análises de campo durante o monitoramento ambiental na região, considerando as áreas estipuladas de faixa de domínio, faixa de serviço, entre outros (FLORAMAP, 2009; DNIT, 2010).

A Figura 12 mostra a espacialização dos focos de calor para o município de Nova Ubiratã/MT com as faixas em análise da rodovia BR-242/MT e ainda, as áreas temáticas como Projetos de Assentamentos (PAs), Terra Indígena (TI) e Unidade de Conservação (UC).

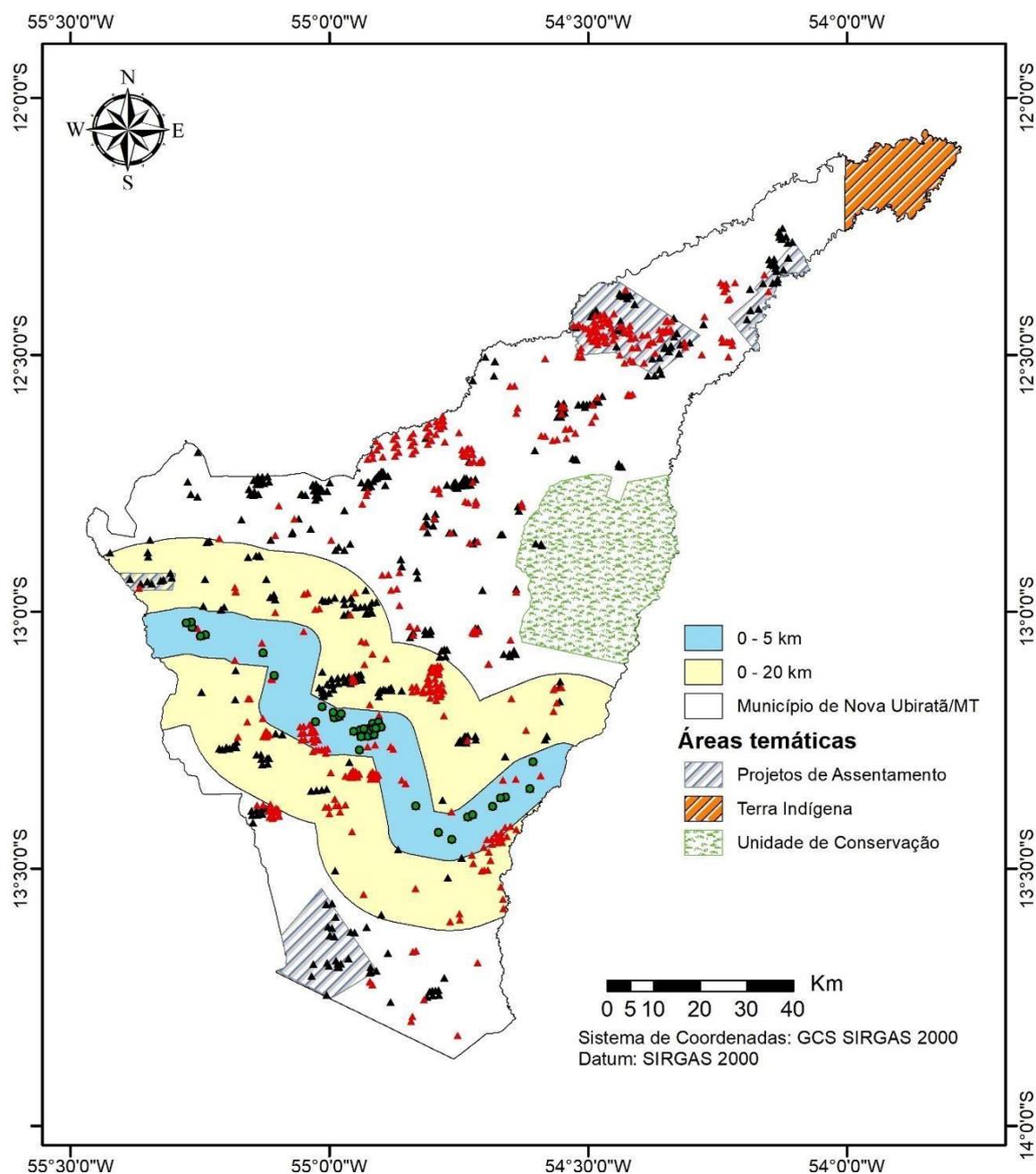


Figura 12 – Caracterização das distâncias analisadas (0 – 5 km e 0 – 20 km) a partir do eixo principal da rodovia BR-242/MT no total de 156 km do estradeiro, no município de Nova Uiratã/MT.

Fonte: IBGE, 2018; Programa BD Queimadas (INPE, 2018).

A análise do mapa com focos de calor detectados na proximidade da rodovia BR-242/MT constatou-se que 10% dos focos ocorrem na faixa de 0 – 5 km, enquanto na faixa de 0 – 20 km foram em torno de 29% do total de 5.568 focos detectados entre os anos 2008 e 2017 no município de Nova Uiratã.

Nas faixas analisadas a partir do eixo da rodovia de 0 – 5 km e 0 – 20 km, observou-se que a construção de estradas cria pressão sobre as áreas rurais circundantes,

constatado no trabalho de Barber et al. (2014), afirmaram que cerca de 95% do desmatamento encontrado na região amazônica ocorrem em uma distância de 5,5 km de estradas e a 1 km de rios. São consequências da abertura de vicinais a partir de uma estrada principal, que dá acesso a regiões até então consideradas distantes e conseqüentemente pouco exploradas, a dinâmica da vegetação é alterada com a progressão de estradas (KLARENBERG et al. 2018).

Belmonte (2018), afirmou que a influência de infraestrutura na ocorrência de fogo, é uma variável com pequeno efeito, pois pode aumentar 2,4% em aproximadamente 30 quilômetros de distância das estradas.

Após análise de ocorrências de incêndios florestais nos Estados Unidos, no intervalo de duas décadas de registros, resultaram que 84% das ignições foram de causas antrópicas. O fogo de origem antrópica é sete vezes maior que o provocado por tempestades de raios (BALCH et al. 2017).

Anderson et al. (2017) relataram que 39% do total de focos de calor detectados na Amazônia foram localizados em projetos de assentamentos (PAs), 26% em áreas particulares, 10% em unidades de conservação (UCs) e menos de 2% em terras indígenas (TIs). Esses resultados corroboram com o presente estudo, a espacialização os focos de calor concentram-se mais próximas as regiões de PAs.

A espacialização do risco de incêndios florestais na área de abrangência da rodovia BR-242/MT está intrinsecamente relacionada à distância das áreas de ocupação, como por exemplo, assentamentos rurais que podem influenciar na espacialização do risco de incêndio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices da FMA para o município foram maiores nos meses de junho a outubro (período de estiagem) com risco elevado e extremo.

O bioma Amazônia foi o mais afetado pelos focos de calor detectados.

Os mapas de densidade *Kernel* auxiliaram no monitoramento ambiental numa análise visual diante da extensão do município, e por ser um método de baixo custo, contribui para a gestão ambiental na prevenção de incêndios florestais.

Os padrões espaciais representados pelos focos de calor detectados nas faixas laterais a partir do eixo central da rodovia BR-242/MT no município de Nova Ubiratã, tiveram relação com a construção de estradas, principalmente a partir de 2011.

Os resultados desta pesquisa visam apoiar a definição de estratégias de políticas públicas, auxiliar ao órgão do responsável pela determinação prorrogação do Período Proibitivo para Queimadas, considerando os fatores climáticos de cada ano, reduzir os impactos causados pela pressão antrópica com a implantação de infraestrutura como estradas no município e em seu entorno, e ainda, auxiliar os tomadores de decisão no licenciamento ambiental de rodovias e na definição da área de influência, seja, direta ou indireta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO MBANZE, A.; CARLOS BATISTA, A.; FRANÇA TETTO, A.; MISRAIM ROMERO, A.; & MUDEKWE, J. Desempenho dos índices de Nesterov e Fórmula de Monte Alegre no Distrito de Lichinga, Norte de Moçambique. **Ciência Florestal** (01039954), v. 27, n. 2, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDERSON, L. O.; YAMAMOTO, M.; CUNNINGHAM, C.; FONSECA, M. G.; FERNANDES, L. K.; PIMENTEL, A.; ... & SALAZAR, N. Utilização de dados orbitais de focos de calor para caracterização de riscos de incêndios florestais e priorização de áreas para a tomada de decisão. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, 2017.

ANDERSON, Tessa K. Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots. **Accident Analysis & Prevention**, v. 41, n. 3, p. 359-364, 2009.

ARAGÃO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; CARDOSO, M., ANDERSON, L. O.; LIMA, A., & POULTER, B. **Frequência de queimadas durante as secas recentes. Secas na Amazônia: causas e consequências** (ed. Borma LDS, Nobre CA). Oficina de Textos, 2013.

AYOADE, J. O., **Introdução à climatologia para os Trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. 5.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

BANDEIRA, C.; & FLORIANO, E. P. **Avaliação de impacto ambiental de rodovias**. Caderno Didático, n. 8, p. 1, 2004.

BALCH, J. K.; BRADLEY, B. A.; ABATZOGLOU, J. T.; NAGY, R. C., FUSCO, E. J.; & MAHOOD, A. L. **Human-started wildfires expand the fire niche across the United States. Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 11, p. 2946-2951, 2017.

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. Interactive spatial data analysis. Essex: **Longman Scientific & Technical**, 1995.

BARBER, C. P.; COCHRANE, M. A.; SOUZA JR, C. M. & LAURANCE, Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. **Biological conservation**, v. 177, p. 203-209, 2014.

BARBOSA, N. F.; STOSIC, B. D.; STOSIC, T.; LOPES, P. M.; MOURA, G. B. D. A.; & MELO, J. S. Kernel smoothing dos dados de chuva no Nordeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 742-747, 2014.

BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, v. 115, 1990.

BELMONT, A. M. **Dinâmica de uso e ocupação da terra e incêndios florestais no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros**. f59 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico**, 2010.

_____. **Mudanças na Cobertura e Uso da Terra 2000 - 2010 - 2012 - 2014, 2016**. <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/default.shtm>>. Acesso em: 26 jul 2019.

_____. **Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes**. Vol 43. 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2016_v43_br.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.

_____. **Cobertura e uso da terra**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/apps/monitoramento_cobertura_uso_terra/v1/>. Acesso em: 12 nov. 2018.

CARDIL, A.; MONEDERO, S.; RAMIREZ, J.; SILVA, C. Assessing and reinitializing wildland fire simulations through satellite active fire data. **Journal of environmental management**, v. 231, p. 996-1003, 2019.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (CPTEC/INPE). **El Niño e Você - o fenômeno climático**. Editora Transtec. São José dos Campos (SP), março de 2001. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/lanina/pt>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

CSISZAR, I.; SCHROEDER, W.; GIGLIO, L.; ELLICOTT, E.; VADREVU, K. P.; JUSTICE, C. O.; WIND, B. Active fires from the Suomi NPP Visible Infrared Imaging Radiometer Suite: Product status and first evaluation results. **Journal of Geophysical Research Atmosphere**, v. 119, p.1-14, 2013.

COCHRANE, M. ALENCAR; A., SCHULZE; M., SOUZA, C.; LEFEBVRE, P., & NEPSTAD, D. Investigando feedbacks positivos na dinâmica do fogo de florestas tropicais de dossel fechadas. **Desmatamento e uso da terra na Amazônia**. Gainesville: University Press of Florida, p. 285-98, 2002.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MATO GROSSO (CBMMT). Diretoria Operacional Batalhão de Emergência Ambientais (BEA). **Relatório de Temporada de incêndios florestais 2016**. Cuiabá, 2017.

DA SILVA BATALHÃO, A. C.; CHACON, A.; DE GODOI, E. L.; & TEIXEIRA, D. Types of Environmental Licensing: An Analysis of the Temporal Evolution in Brazil. **International Journal of Environmental Protection and Policy**, v. 6, n. 1, p. 9, 2018.

DE ALMEIDA ABREU, F.; SOUZA, J. D. S. A. Dinâmica espaço temporal de focos de calor em duas terras indígenas do Estado de Mato Grosso: Uma abordagem geoespacial sobre a dinâmica do uso do fogo por Xavantes e Bororos. **Floresta e Ambiente**, 23(1), 1–10. 2016.

DE ARRUDA OLIVEIRA, J. C. P. Geoprocessamento: Uma análise dos focos de calor no Bioma Amazônia do Estado de Mato Grosso que interferem nas tomadas de decisões das atividades do Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso. **Homens do Mato-Revista Científica de Pesquisa em Segurança Pública**, v. 14, n. 2, 2015.

DE MOURA, Y. M.; HILKER, T.; LYAPUSTIN, A.I; GALVÃO, L.S.; DOS SANTOS, JR; ANDERSON, L.O.; ... & ARAI, E. Sazonalidade e efeitos da seca das florestas amazônicas observados a partir de dados de satélite em vários ângulos. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**, v. 171, p. 278-290, 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Anteprojeto de engenharia para construção de rodovia**. Vol. 3 Memória Justificativa. 2015.

_____. **Plano Básico Ambiental** - (Querência – Nova Ubitatã), 2010.

_____. **Plano Básico Ambiental - Subtrecho Querência** – Nova Ubitatã (MT), 2014.

DE SOUZA, A. P.; CASAVECCHIA, B. H.; STANGERLIN, D. M. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. **Scientia Plena**, v. 8, n. 5, 2012.

DUONG, T. Kernel density estimation and kernel discriminant analysis for multivariate data in R. **Journal of Statistical Software**, v. 21, n. 7, p. 1-16, 2007.

FEARNSIDE, P. M. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 44, p. 99-123, 2002.

FEARNSIDE, P. M. **A vazante na Amazônia e o aquecimento global**. 2006.

FEARNSIDE, P. M.; LAURANCE, W. F.; COCHRANE, M. A.; BERGEN, S.; SAMPAIO, P. D.; BARBER, C.; ... & FERNANDES, T. O futuro da Amazônia: Modelos para prever as consequências da infraestrutura futura nos planos plurianuais. **Novos Cadernos NAEA**, v. 15, n. 1, 2012.

FEDERAL, Serviço Público. Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no cerrado. **PP Cerrado**, Brasília. 2010.

FERNANDES, A. H. V.; DE ÁVILA CASSIANO, M.; GUIMARÃES, T. C. S.; & RAIMUNDO, M. R. Alternativas locacionais em Avaliação de Impacto Ambiental de rodovias mineiras. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 43, 2017.

FERNANDES, P.; BOTELHO, H.; LOUREIRO, C. Manual de formação para a técnica do fogo controlado. UTAD, Vila Real, 2002.

FLORAMAP - Projetos e Consultorias Ambientais. **Relatório Ambiental Simplificado (RAS) - 01 - Rodovia BR-242/MT - Trecho: Nova Ubiratã - Gaúcha do Norte** - Extensão: 282 km. Cuiabá, 2009.

FONSECA-MORELLO, T.; RAMOS, R.; STEIL, L. PARRY, L.; BARLOW, J.; MARKUSSON, N. & FERREIRA, A. Queimadas e incêndios florestais na Amazônia brasileira: porque as políticas públicas têm efeito-limitado. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo, v. 20, n. 4, p. 19-40, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Global Forest Resources Assessment (FRA – 2010)**. Manejo florestal. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/45904/icode/>>. Acesso em: 18 jun 2019.

GIGLIO, L., DESCLOITRES, J., JUSTICE, C. O., & KAUFMAN, Y. J. An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote sensing of environment*, v. 87, n. 2-3, p. 273-282, 2003.

GILMARTIN, P.; SHELTON, E. Choropleth maps on high resolution CRTs/the effects of number of classes and hue on communication. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, v. 26, n. 2, p. 40-52, 1989.

GÓMEZ-GONZÁLEZ, S.; GONZÁLEZ, M. E.; PAULA, S., DÍAZ-HORMAZÁBAL, I.; LARA, A., & DELGADO-BAQUERIZO, M. Temperature and agriculture are largely associated with fire activity in Central Chile across different temporal periods. *Forest Ecology and Management*, v. 433, p. 535-543, 2019.

GONÇALVES JS. **A prática da queimada no saber tradicional e na concepção científica de risco: estudo sobre o uso do fogo por pequenos produtores do Norte de Minas Gerais**. Viçosa: UFV; 139 p. 2005.

INSTITUTO MATO GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). **Mapa das macrorregiões do IMEA**, 2017. Disponível em: <<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/justificativamapa.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Produção Científica e de Divulgação do Projeto Queimadas (2017)**. Disponível em:

<https://docs.google.com/viewer?url=http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/pub_queimadas.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2018.

_____. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios (BDQueimadas)** (2018). Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas>.
<http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 26 jul. 2018.

_____. **PRODES - Desmatamento nos Municípios da Amazônia Legal para o ano de 2017**. Disponível em:
<<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>> Acesso em: 12 jun. 2019.

JUSTINO, F. B.; SOUZA, S. S.; SETZER, A. Relação entre focos de calor e condições meteorológicas no Brasil. In: **Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. p. 2086-2093. 2002.

KLARENBERG, G.; MUÑOZ-CARPENA, R.; CAMPO-BESCÓS, M.A; & PERZ, S.G. A pavimentação de rodovias no sudoeste da Amazônia altera as tendências de longo prazo e impulsiona a dinâmica da vegetação regional. *Heliyon*, v. 4, n. 8, p. e00721, 2018.

LAURANCE, W. F., PELETIER-JELLEMA, A., GEENEN, B., KOSTER, H., VERWEIJ, P., VAN DIJCK, P., ... & VAN KUIJK, M. Reducing the global environmental impacts of rapid infrastructure expansion. **Current Biology**, v. 25, n. 7, p. R259-R262, 2015.

LAUXEN, M. A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: Um guia de procedimentos para tomada de decisão. Porto Alegre, 2012.

LE TOURNEAU, François-Michel. Is Brazil now in control of deforestation in the Amazon? Cybergeog: **European Journal of Geography**, 2016.

LORENZON, A.S.; BRIANEZI, D.; VALDETARO, E. B.; MARTINS, M. C. Incêndio Florestal: princípios, manejo e impactos. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2018.

MACHADO, N. G.; DA SILVA, F. C. P.; BIUDES, M. S. Efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá, Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.36 n. 3 set-dez. pg. 459-469. 2014.

MARTINS, P. A. S. **Normais climatológicas, Balanço Hídrico e classificação climática para a mesorregião Sul do Amazonas**. Humaitá, 2018, 87 fl. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – Universidade Federal do Amazonas.

MATO GROSSO. Corpo de Bombeiros Militar. **Lei Complementar nº 233** (21/12/2005). Disponível em: <http://www.bombeiros.mt.gov.br/noticia.php?id=995>. Acesso em: 20 out. 2019.

MATO GROSSO. **Plano de Longo Prazo de Mato Grosso, volume I**, 2012.

Disponível em:

<<http://www.seplan.mt.gov.br/documents/363424/2889565/Estudo+Retrospectivo/91b5c136-0fde-4eba-8483-99f49cb2b67e>>. Acesso em: 09 jul 2019.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN). **Relatório técnico de vegetação consolidado para o estado de Mato Grosso** - vol. 1/3. 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **O Bioma Cerrado**. Disponível em:

<<https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 09 jul. 2019.

MBANZE A.A.; BATISTA A.C.; TETTO A. F., ROMERO A. M.; MUDEKWE J. Desempenho dos índices de Nesterov e Fórmula de Monte Alegre no distrito de Lichinga, norte de Moçambique. **Ciência Florestal**, 27(2), 687–696. 2017.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MOVIMENTO PRÓ-LOGÍSTICO. **Relatório Situação da BR-242**. 2009.

NASA. **Precipitation Measurement Missions**. Disponível em:

<<https://pmm.nasa.gov/resources/glossary#top>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

NUNES, J. R. S. **FMA⁺ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná - Brasil**. 2005. 169 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NUNES, J. R.S.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. R. V. **Ajuste da fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná – Brasil**. **Floresta**, 2007.

NUNES, J. R. S. **Efeitos das mudanças climáticas sobre os índices de perigo de incêndios florestais**. Curitiba: UFPR, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, L.; NUNES, S.; SOUZA JUNIOR, C.; KIRCHHOFF, F.; & SIQUEIRA, J.V. Análise comparativa do mapeamento de vegetação secundária dos projetos TerraClass e MapBiomas. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Anais eletrônicos. 2019.

PARZEN, E. On estimation of a probability density function and mode. **The annals of mathematical statistics**, v. 33, n. 3, p. 1065-1076, 1962.

PIROMAL, R. A. S., RIVERA-LOMBARDI, R. J., SHIMABUKURO, Y. E., FORMAGGIO, A. R., & KRUG, T. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 77-84, 2008.

PHILIPP, M. P. **Análise do perigo de incêndio em municípios do estado de Mato Grosso por meio da Fórmula de Monte Alegre**. 90f. Tese de Doutorado.

Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2007.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 4.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

RAMESH, S. Biological and environmental hazards, risks, and disasters. **Biological and environmental hazards, risks, and disasters**, 2015.

RODRIGUES, J. V., COSTA, S. S., BATISTA, R. S. Intercomparação de produtos AQUA&TERRA/MODIS e Suomi-NPP/VIIRS sobre o Brasil. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Anais ... INPE, 2015.

ROMANINI, P. U. **Rodovias e meio ambiente: principais impactos ambientais, incorporação da variável ambiental em projetos rodoviários e sistema de gestão ambiental**. Departamento de Ecologia Geral. São Paulo, 2000.

SANTOS, P. R.; PEREIRA, G.I; CARDOZO, F. S.; RAMOS, R. C.; FERREIRA, A. B. R.; RESENDE, F. C. ANÁLISE DAS QUEIMADAS NO CERRADO E SUA RELAÇÃO COM O NDVI PARA OS ANOS DE 2000 A 2014. **Revista de Geografia** (Recife) - ISSN: 0104-5490, v. 35, n. 2, p. 134-157, 2018.

SEGER, C. D.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; & SOARES, R. V. Comportamento do fogo em queimas controladas de vegetação de estepe no município de palmeira, paraná, brasil. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 557-568, 2013.

SENTELHAS, P. C.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; FELÍCIO, J. C. Estimativa da duração do período de molhamento para o trigo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 117-122, 1993.

SHAD, R.; & RAHIMI, S. Identification of Road Crash Black-Sites Using Geographical Information System. **International Journal for Traffic and Transport Engineering**, v. 7, n. 3, 2017.

SILVERMAN, B. W. Density estimation for statistics and data analysis. **Routledge**, 2018.

SILVA, H. J. F. **Análise dos efeitos do desmatamento na evapotranspiração e na microfísica das nuvens utilizando dados de sensoriamento remoto para Amazônia**. 99f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

SILVA JUNIOR, C. H.; ANDERSON, L. O.; SILVA, A. L.; ALMEIDA, C. T., DALAGNOL, R.; PLETSCHE, M. A.; ... & ARAGÃO, L. E. Fire responses to the 2010 and 2015/2016 Amazonian droughts. **Frontiers in Earth Science**, v. 7, p. 97, 2019.

SOARES, R. V. 1972a. Índices de perigo de incêndio. **Floresta Curitiba**, v.3, n.3, p.19-40, 1972.

SOARES, R. V. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 87-99, 1998.

SKAKU, S; JUSTICE C. O; VERMOTE E.; & ROGER J. Transição do MODIS para VIIRS: uma análise da interconsistência dos conjuntos de dados NDVI para monitoramento agrícola. **International Journal of Remote Sensing**, 39: 4, 971-992, DOI: 10.1080 / 01431161.2017.1395970. 2018.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; & Lima, G. S. Correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 143-150, 2010.

TRENBERTH, K.; SMITH, L.; QIAN, T.; DAI, A.; FASULLO, F. Estimates of the global water budget and its annual cycle using observational and model data. **Journal Hydrometeorology**, v. 8, p. 758 - 769, 2007.

UNIVERSITY CORPORATION FOR ATMOSPHERIC RESEARCH (UCAR).

Introdução ao VIIRS imagens e aplicações. Disponível em:

<http://kejian1.cmatc.cn/vod/comet/satmet/viirs_intro/print.php.htm>. Acesso em: 28 out. 2019.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). **MODIS.** Disponível em:

<http://gege.fct.unesp.br/docentes/cartoenner/Processamento%20MODIS/Ser311_2014_MODIS.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2019.

VAREJÃO, M. A. **Meteorologia e climatologia.** Versão digital, v. 2, p. 463, 2006.

VIEIRA, M. H. P.; PEREIRA, É. F.; VIEIRA, J.; LOUZADA, R. O., DE ALCÂNTARA SILVA, M. C.; FERREIRA, L. M., ... & DOS ESTADOS, J. **Mapas de Kernel como Alternativa ao Monitoramento Ambiental: Análise das indústrias que realizam emissões nos municípios do estado de Mato Grosso do Sul, nos anos 2008.**

WESTERLING, AL.; HIDALGO, HG; CAYAN, DR; & SWETNAM, TW. Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity. **Science**, v. 313, n. 5789, p. 940-943, 2006.

WHITE, B. L. A.; DE SOUZA RIBEIRO, A. Análise da precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 1, p. 148-156, 2011.