



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**O PROGRAMA DE BRIGADAS FEDERAL E O FOGO NA TERRA
INDÍGENA PARQUE DO ARAGUAIA**

Ananda Santa Rosa de Andrade
Dissertação de Mestrado

Brasília-DF
2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**O PROGRAMA DE BRIGADAS FEDERAL E O FOGO NA TERRA
INDÍGENA PARQUE DO ARAGUAIA**

Ananda Santa Rosa de Andrade

Orientadora: Ruth Elias de Paula Laranja
Coorientador: Rafael Rodrigues da Franca

Dissertação de Mestrado

Brasília-DF
2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

O PROGRAMA DE BRIGADAS FEDERAL E O FOGO NA TERRA INDÍGENA PARQUE DO ARAGUAIA

Ananda Santa Rosa de Andrade

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial, opção Acadêmica.

Aprovado por:



Dra. Ruth Elias de Paula Laranja, POS-GEA/UnB (Orientadora)



Dr. Valdir Adilson Steinke, POS-GEA/UnB (Examinador Interno)



Dr. Rossano Marchetti Ramos, Prevfogo/Ibama (Examinador Externo)

Brasília-DF, 10 de dezembro de 2019

[ficha catalográfica]

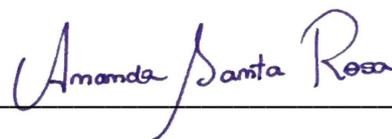
SANTA ROSA DE ANDRADE, ANANDA

O Programa de Brigadas Federal e o Fogo na Terra Indígena Parque do Araguaia / Ananda Santa Rosa de Andrade. -- , 2019. 109 f.

Orientadora: Ruth Elias de Paula Laranja. Coorientador: Rafael Rodrigues da Franca. Dissertação (Mestrado - Pós Graduação em Geografia) -- Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Departamento de Pós-Graduação em Geografia, 2019.

1. Política pública ambiental. 2. Regime espacial do fogo. 3. Padrão de chuvas. 4. Prevfogo. 5. Ibama. I. Elias de Paula Laranja, Ruth. II. Rodrigues da Franca, Rafael. III. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dela.



Ananda Santa Rosa de Andrade
anandasrandrade@gmail.com

Dedico

Ao **Seu Augusto Avelino** - *in memoriam*
(fez a diferença na minha caminhada do fogo).

Ao **Dr. Mário Diniz Araújo Neto** - *in memoriam*
(foi essencial na minha luz de Geógrafa).

Às **mulheres do fogo**
(estamos juntas na luta diária profissional).

Aos **brigadistas florestais**
(eles que fazem acontecer pela proteção do meio ambiente).

"Continue a nadar" (Frase bordão da personagem Dory no filme Procurando Nemo)

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação tem várias mãos, cada qual em seu lugar, momento e razão que fizeram este trabalho sair com amor e felicidade. Registro neste espaço as pessoas e instituições que colaboraram para isto e para que eu "continuasse a nadar". Sendo assim, agradeço:

Aos meus orientadores, Dra. Ruth Laranja e Dr. Rafael Franca. Vocês me deram o apoio acadêmico, a orientação humana e confiaram em mim e no meu potencial para chegar até aqui. Além deste trabalho acadêmico, ficou uma lição em como devo ser e porque devo ser, caso algum dia chegue a posição de professora acadêmica.

Ao Departamento de Pós Graduação em Geografia, ao Conselho Nacional Científico de Pesquisa - CNPq (Process No. 13078 / 2019-1) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (Código de Financiamento 001).

Ao Dr. Rossano Marchetti (Analista ambiental do Ibama), membro da banca e quem me deu oportunidade de realizar o primeiro trabalho profissional no âmbito das queimadas, pela paciência, pelos conselhos e pela ajuda, mesmo quando em vários momentos me ausentei em reconhecer o grande pesquisador e analista ambiental que você é.

Ao Dr. Valdir Steinke (Prof. GEA UnB) pelas contribuições nas bancas de qualificação e defesa.

Ao Waner Gonçalves (Coordenador Estadual do Prevfogo/TO), Pedro Paulo Xerente (Gerente Estadual TO), Vantuires Javaé (Gerente Estadual TO) e Sidnei Oliveira (Agente MIF TO) pela disposição, pelo apoio, pela aprendizagem, por ter me recebido na família Tocantins e pelas discussões que tanto me enriqueceram e fizeram amar ainda mais a Ilha do Bananal. Coloquei o pé nela e fui bem recebida graças a vocês.

Ao Gabriel Zacharias (Coordenador nacional do Prevfogo/Ibama) além de (ex) chefe, um amigo e exemplo de liderança que acreditou, apoiou e ajudou desde o começo para o sucesso deste trabalho. Foram inúmeros contatos, sem senso de horário, as vezes nos finais de semana e em momentos de tensão com as operações e mesmo assim sempre respondeu com paciência e compreensão.

Ao Dr. Roberto Trancoso (Coordenador do Programa de Pós Graduação da GEA/UnB) pela paciência e ajuda nos meus momentos de frustração, briga e exaltação.

Às mulheres do mundo das queimadas que inspiram e sempre prontamente estenderam a mão: Msc. Carol Barradas (Analista ambiental do ICMBio) Dra. Lara Steil (Analista ambiental do Ibama), Msc. Flavia Saltini (Coordenadora substituta do Prevfogo/Ibama), Luciana Mamede (Gerente de Projetos no INPE) e Rejane Salvador (Gerente Estadual BA).

À amiga Dra. Fernanda Batista (Pesquisadora e Meteorologista) que me ajudou sem pestanejar em momento de desespero e agonia com os dados de precipitação.

Ao amigo Juliano Pestana (Geógrafo do SPU) pelas revisões e palpites na forma mais tranquila de ser.

Ao João Morita (Coordenador substituto da COIN/ICMBio) que sempre auxiliou com os meus questionamentos e ao Dr. Christian Berlinck (Coordenador da COIN/ICMBio) pela contribuição e debate ao final da caminhada.

Aos servidores da Funai pelas discussões e ensinamentos: Guilherme Franco (CGMT/Funai Sede), Renildo Carneiro (CODEP/Funai Sede), Conceição Pereira (Funai Tocantins), Georthon Aurélio (Funai Tocantins) e Daniel Cangussu (CGIIRC/Funai).

Ao Dr. Marcos Giongo (Prof. UFT) e ao Centro de Monitoramento Ambiental e Manejo do Fogo (Cemaf/UFT) pelo apoio e por ter cedido os dados de área queimada sem qualquer restrição.

Ao Dr. Alberto Setzer (Pesquisador do Programa Queimadas do INPE) pelo apoio para que eu pudesse participar do SBSR e por sempre gentilmente dialogar comigo.

Ao Dr. Guilherme Fagundes (Antropólogo, Prof. e Pesquisador da UnB) por ter me direcionado a realizar um trabalho em conformidade com as ferramentas que disponho como Geógrafa.

À Dra. Heloísa Miranda (Profa., Pesquisadora da Ecologia UnB e mãe dos estudos de fogo no Cerrado) pelo tempo que se dispôs a conversar e me colocar a refletir sobre o objeto de estudo no começo do mestrado.

Ao Dr. Gabriel Pereira (Prof. da UFSJ e Pesquisador excepcional) que sempre se disponibilizou a ajudar e conversar. Um outro exemplo humano para nós que deseja engajar na pesquisa.

Ao Dr. Wilfrid Schroeder (Pesquisador da NOAA/USA e da Universidade de Maryland) por sempre amparar nas dúvidas com humildade e parcimônia.

Aos pesquisadores com um conhecimento único que soma neste [meu] mundo: Msc. Fabrício Amorim, Dr. Rayonil Carneiro, Dr. Daniela França, Dr. Paulo Jauer, Msc. Wesley El Nino, Msc. Júlia Rodrigues, Dr. Guilherme Martins. Msc Fabiola Siqueira e Dra. Isabel Schimidt.

Aos amigos Inpeanos que agregaram com o conhecimento [além de títulos]: Paulo Cunha, Willian Rosa e Marcelo Romão.

À todos do Prevfogo/Ibama, especialmente aos que sempre me auxiliaram nesta jornada: Msc. Lawrence Nobrega, André Azaneu, Msc. Gustavo Machado, Marcos Rocha, Ivone Duarte, Ivone Oliveira, Luzenilde Costa, Marcos Guedes, Cassiana Koialanskas, Rodrigo Falleiro e Ana Maria Canut.

À minha família (Pedro Andrade - pai, Cristina Santa Rosa - mãe, Breno Santa Rosa - irmão - e Duque, doguinho) que teve paciência com meus altos e baixos, seguiu comigo neste sonho, me ajudou incansavelmente, acreditou que eu podia e foram resistentes com a minha extrema ausência e "mal humor" (principalmente você, meu irmão. Além de obrigada, perdão).

Aos povos Javaés, Karajás e Avá Canoeiros que fazem a Ilha do Bananal existir e ser única. Txioituke!

Aos meus amigos que fizeram tudo se tornar leve em momentos de tensão, estresse e desabafo: Juliano Pestana (novamente), Amanda Galvão, Luciana Mamede (novamente), Diego Moreira, Ana Júlia Tomasini, Octávio Schuenck, Flávio Macedo, Gilmar Correa, Raquel Daldegan, Bruna Modesto e Emilton Paixão.

Gratidão e obrigada!

RESUMO

No Cerrado, as queimadas podem ter origens distintas, sejam de ordem natural ou antrópica. Quando em territórios indígenas, cabe ao Ibama, à Funai e, se oportuno, a outras agências, de impedir, monitorar e reduzir a incidência do fogo através do Programa de Brigadas Federal (PBRIF). Esta política foi criada em 2012 para formar e contratar brigadistas florestais para desempenharem a maioria das atividades em territórios federais. Desde seu início, o Programa tem impacto no orçamento do Ibama e da Funai e nas terras indígenas que estas instituições atuam, o que enseja avaliações profundas das ações, especialmente dos componentes espaciais do regime de queima. A ausência deste tipo de estudo é notória, o que fragiliza o Programa e a política pública ambiental brasileira para redução da degradação dos ecossistemas do Cerrado. Neste sentido, esta dissertação visou estreitar com a avaliação e comparação da variabilidade das queimadas na terra indígena Parque do Araguaia (PQARA) antes e durante o PBRIF. Para isto foi necessário utilizar dados de área queimada, fogo ativo, precipitação, mapas de vegetação e uso, registro de operações e relatórios de ocorrência de incêndios para analisar a variabilidade das queimadas, o padrão das chuvas, a anomalia do fogo e da pluviosidade, a densidade mensal do fogo, a intensidade das queimadas, a recorrência, a análise dos mapas do projeto MapBiomas, as zonas de fogo e a associação estatística entre as variáveis. Aferir, entretanto, a efetividade de uma política somente pela variabilidade do fogo e pelo regime de chuvas ainda é insuficiente, sendo necessário refletir junto aos pilares que a sustenta: orçamento, monitoramento, dados e equipe técnica. Por isto, para prever a resposta do PBRIF, ainda são necessárias outras avaliações além da proposta desta dissertação. Considerando somente pelos dados e informações aqui apresentados, O PQARA teve incremento de áreas com alta recorrência de queima, declínio de áreas florestadas e 3 megas incêndios de alto custo durante a execução do PBRIF. Algumas recomendações foram sugeridas para restringir estes impactos para dar melhor continuidade ao Programa: implementação de mais uma brigada com os recursos para mantê-la na área norte da TI é igualmente imprescindível. O manejo integrado do fogo também precisa ser avaliado para abranger o fogo como um dos elementos da paisagem (e não como determinante dele). Análises fitossociológicas e de danos às espécies são identicamente indispensáveis posterior às queimadas prescritas e ao fogo tardio. Contratação de profissionais (consultores) de climatólogos e meteorólogos. Por fim, validação dos produtos do INPE por uma instituição de ensino e/ou pesquisa.

Palavras chaves – Política pública ambiental; Regime espacial do fogo; Padrão de chuvas; Prevfogo; Ibama.

ABSTRACT

In the Cerrado, fires may have different origins, whether natural or anthropic. When in indigenous lands, it is up to Ibama, Funai, and, if appropriate, other agencies, to avoid, monitor, and reduce the fire incidence through the Federal Brigades Program (PBRIF). This policy was created in 2012 to form and hire firefighters to do most activities in federal territories. Since its beginning, the Program has had an impact on budgets of Ibama and Funai as well as on the indigenous lands, which require a deep assessment of the actions, especially of the spatial fire regime. The absence of this kind of study is notorious, which weakens the Program and the Brazilian environmental public policy to reduce the degradation of the Cerrado ecosystems. In this sense, this dissertation aimed to narrow this gap with the evaluation and comparison of the fire variability in the indigenous land Parque do Araguaia (PQARA) before and during the PBRIF. For this, it was necessary to use burned area, active fire, precipitation, vegetation and land use maps, operation records, and fire occurrence report data to analyze the fire variability, the rain regime, the fire and the rain anomalies, the monthly fire density, the fire intensity, the MapBiomas analyses, the fire zones, and the statistical association among the variables. Assessing the policy effectiveness solely from the fire variability and the rain regime, however, is still insufficient, thus it is necessary to evaluate the pillars that sustain such policy: budget, monitoring, data, and technical team. Therefore, to predict the response, there are still other evaluations beyond those that this dissertation proposes. Considering just the data and the information presented, the PQARA had increased areas with high fire recurrence, reducing of forested land, and 3 mega wildfires with high cost during the PBRIF. Some recommendations were suggested to restrict these environmental impacts: implement another brigade in the northern area of the indigenous land. The integrated fire management needs to be evaluated too to embrace fire as one of the elements of the landscape (and not as a determinant of it). Phytosociological and damages analyses are identically indispensable after the prescribed burn and late fire. Hiring professionals (consultants) of climatologists and meteorologists. Finally, validation of INPE products by an educational and / or research institution.

Keywords – Environmental public policies; Spatial fire regime; Rain pattern; Prevfogo; Ibama.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Modelo conceitual da pesquisa dividido em Espaço, Tema e Tempo.....	20
Figura 2- Localização do bioma Cerrado no território brasileiro.....	24
Figura 3- Fitofisionomias por tipo de formação.....	25
Figura 4- Esquema das origens das ignições no Cerrado.....	26
Figura 5- A relação da vegetação com o fogo - enfoque Cerrado.....	30
Figura 6 - Esquema-resumo dos procedimentos metodológicos.....	44
Figura 7- Detalhe e localização do Parque Indígena do Araguaia.....	46
Figura 8- Linha do tempo da pesquisa.....	48
Figura 9- Estratificação da área por uma grade regular de 1km x 1km.....	54
Figura 10- Densidade mensal de fogo ativo a cada 1km ² da terra entre 2008 e 2017.....	60
Figura 11 - Gráfico dos valores de área queimada e do total de cicatrizes.....	61
Figura 12 - Gráfico da anomalia de área queimada.....	62
Figura 13- Recorrência de queimadas em relação ao total de área do PQARA e ao total de anos da série.....	63
Figura 14 - Recorrência de queimadas antes da implementação do PBRIF (2008 a 2012), posterior (2013 a 2017) e em toda a série histórica (2008 a 2017).....	64
Figura 15 - Valores médios mensais da FRP em cada ano da análise.....	66
Figura 16- Porcentagem de cada tipo de vegetação e de parcelamento do solo para cada tipo de atividade dentro da TI Parque do Araguaia em relação ao mapeamento de 2017.....	67
Figura 17 - Ganho ou perda de áreas com vegetação natural em relação ao ano de 2008.....	68
Figura 18 - Ganho ou perda de áreas com uso (pastagem ou cultura) em relação ao ano de 2008.....	69
Figura 19 - Anomalia padronizada do total de chuva anual e do total de dias do período de estiagem.....	70
Figura 20 - Total de precipitação, média e valores mínimos e máximos mensais.....	72
Figura 21 - Média do total de detecções de fogo ativo e de valores de chuva, por mês, entre 2008 e 2017.....	73
Figura 22 - Média de energia emitida por ecossistema entre 2008 e 2017.....	77
Figura 23- Zonas de Fogo do PQARA.....	79
Figura 24- Correlação entre as variáveis. Est1: total de dias do maior período de estiagem do ano.....	81
Figura 25- Regressão entre área queimada (variável dependente) e fogos ativos (variável independente).....	82
Figura 26- Regressão entre quantidade total de fogos ativos durante o ano e Est1.....	83
Figura 27- Regressão entre quantidade total de fogos ativos durante o ano e chuva acumulada anual.....	84
Figura 28- Regressão entre total de área queimada anual e chuva acumulada anual.....	85
Figura 29- Regressão entre total de área queimada anual e Est1.....	85
Figura 30 - Exemplo de omissão de cicatrizes pelo mapeamento do produto AQ30m do INPE em uma das órbitas pontos que compreendem o PQARA (223_069).....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Total de áreas, por tipo, que o Prevfogo já contratou brigadas.....	37
Tabela 2- Produtos de foco de queimada de vegetação disponibilizados pelo INPE e pelo FIRMS Nasa (em vermelho) entre 2008 e 2017.....	41
Tabela 3- Produtos operacionais com mapeamento no território brasileiro.....	42
Tabela 4- Total de contratados pelo PBRIF no PI do Araguaia entre 2013 e 2017.....	47
Tabela 5- Classificação da recorrência de área queimada.....	55
Tabela 6- Reagrupamento das classes de recorrência.....	56
Tabela 7- Zonas de fogo em relação à paisagem.....	57
Tabela 8- Categorias dos coeficientes de correlação e determinação.....	58
Tabela 9- Descrição anual das áreas queimadas da TI Parque do Araguaia.....	61
Tabela 10- Área total em km ² de sobreposição de queimadas anuais entre períodos sem e com PBRIF.....	64
Tabela 11- Detalhe dos dados da potência radiativa do fogo por ano.....	65
Tabela 12- Quantidade total de área, em km ² , para cada tipo de vegetação e uso.....	67
Tabela 13- Total de dias para os períodos de dias consecutivos sem chuva anual em ordem decrescente de valores. Em vermelho os períodos de estiagem anuais.....	70
Tabela 14- Total de dias sem chuva (não consecutivos), com chuva e de valores de pluviosidade.	71
Tabela 15- Área queimada, quantidade de cicatrizes, total de chuva e total de período Est.....	74
Tabela 16- Porcentagem de áreas afetadas no PQARA por ecossistemas.....	76
Tabela 17- Área total e porcentagem de zona em relação ao total de vegetação propensa.....	78
Tabela 18- Área total e porcentagem de zona em relação ao total de vegetação sensível.....	78
Tabela 19- Registro de operações de nível 3 na plataforma Ciman Virtual.....	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Objetivos da pesquisa.....	19
1.2 Estrutura da dissertação.....	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 O fogo no Cerrado.....	21
2.1.1 O fogo.....	21
<u>2.1.1.1 Tipos de queimadas.....</u>	<u>22</u>
2.1.2 O Bioma.....	23
<u>2.1.2.1 Origens das queimadas no Cerrado.....</u>	<u>26</u>
2.1.3 A vegetação do Cerrado e as queimadas.....	28
<u>2.1.3.1 Fogo e clima.....</u>	<u>30</u>
2.2 O fogo nas políticas públicas.....	32
2.2.1 CIMAN Nacional.....	34
2.2.2 A formação das brigadas florestais no Brasil.....	35
2.3 Sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto no monitoramento de queimadas no Brasil.....	38
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	43
3.1 A área de estudo: terra indígena Parque do Araguaia.....	44
3.2 O período de análise.....	47
3.3 Base de dados.....	48
3.3.1 Fogo ativo e potência radiativa do fogo.....	48
3.3.2 Precipitação.....	49
3.3.3 Área queimada.....	50
3.3.4 Vegetação e uso e ocupação do solo.....	51
3.3.5 Base complementar.....	51
3.4 Análise.....	51
3.4.1 Variabilidade das queimadas.....	51
3.4.2 Padrão das Chuvas.....	52
3.4.3 Anomalia padronizada do fogo e da precipitação.....	53
3.4.4 Densidade mensal do fogo.....	53
3.4.5 Intensidade do fogo.....	54
3.4.6 Recorrência das queimadas.....	54
3.4.7 Análise do mapa de uso e ocupação.....	55
3.4.8 Zonas de recorrência por tipo de vegetação.....	56
3.4.9 Associação entre os dados de chuva e queimadas.....	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1 O regime espacial intra anual e interanual das queimadas.....	59

4.2	Recorrência das queimadas.....	63
4.3	Intensidade das queimadas.....	65
4.4	Uso e ocupação do solo no PQARA.....	66
4.5	Regime de chuvas.....	69
4.6	Explicando o fogo no PQARA: relação entre os valores de chuva, a vegetação afetada e as detecções de queimadas.....	72
4.6.1	Avaliação das fitofisionomias atingidas por fogo.....	75
4.6.1.1	Zonas de recorrência do fogo por tipo de vegetação.....	77
4.6.2	A relação estatística entre queimadas e pluviosidade.....	80
4.6.2.1	Regressão múltipla para explicar a relação dos dados de chuva com as queimadas.....	83
4.7	Existe efetividade das ações do PBRIF?.....	86
5	CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES.....	91
5.1	Recomendações para o PBRIF.....	93
5.2	Recomendações para as ações na TI Parque do Araguaia.....	94
6	REFERÊNCIAS.....	95
7	ANEXOS.....	108

1 INTRODUÇÃO

O fogo é um elemento de crucial importância à sobrevivência e ao desenvolvimento da humanidade. Ao aprender a utilizar o fogo em seu proveito, o ser humano desde o período pré-histórico adquiriu a capacidade de utilizá-lo para cozinhar, aquecer ambientes, fornecer luz, transformar a matéria e extrair recursos naturais. Apesar disto, e sob a justificativa do aumento populacional e conseqüente necessidade de produção de insumos, ocorre como prática frequente a queima de biomassa, utilizada para abertura e limpeza de novas áreas com a finalidade de plantar, manejar gados e manter pastos, sem a preocupação com as conseqüências; ou seja, nem sempre com a consciência de utilização de forma controlada e resultante de planejamento ambiental necessários.

As detecções de queimadas são evidentes em quase todo o Globo quando se acessa e visualiza o webmapa da plataforma *Fire Information for Resource Management System* (FIRMS) da Nasa¹, especialmente nas Savanas, que são porções ecossistêmicas situadas entre os trópicos, com notada ocorrência de vegetação herbácea e sazonalidade da estação de seca e calor. Na Savana brasileira, usualmente denominada na literatura como todo o bioma Cerrado (KLINK e MACHADO, 2005; MIRANDA, 2009; MATAVELI et al., 2017; RODRIGUES et al., 2019), é igualmente predominante as altas taxas de detecção de fogo ativo (MENEZES, 2016), especialmente na região do MATOPIBA - região de fronteira agrícola para produção de monoculturas e criação de gado entre os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (SANTA ROSA, 2019). O impacto do fogo, quando não por motivo de prevenção, pode ser mais elevado em períodos de estiagem prolongada e seca extrema, conforme apontados em estudos de Marlon et al. (2008), Alencar et al. (2015), Aragão (2008) e Daldegan et al. (2014).

Como necessidade de reduzir o uso do fogo no ambiente savânico, o Brasil adotou políticas e leis proibitivas ao uso do fogo, criou políticas de proteção exclusivas para o Cerrado e assumiu compromissos internacionais para reduzir a quantidade de emissão de

1 Disponível em: <<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>> . Acesso em 15 Ago. 2019.

poluentes e queimadas (DURIGAN e RATTER, 2016; STEIL, 2015). Ainda assim, é vigente o registro de operações no Ciman Virtual² para combater queimadas de magnitude elevadas em territórios indígenas e em unidades de conservação.

Para extinguir estes sinistros e planejar ações de combate, o Governo Federal atua, principalmente, com sistemas de brigadas administradas pelas autarquias Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).

O ICMBio, desde 2008, é responsável pela gestão do fogo nas Unidades de Conservação federais (UCs) - territórios com relevantes características naturais e bióticas protegidos por meio de normativa instituída pelo Poder Público (BRASIL, 2000). O fogo advém nestas áreas de forma ilícita, decorrente da extração de madeira, desmatamento e manutenção de bases de garimpo; e de forma legal, quando previsto no plano de manejo da UC, autorizada por esta autarquia e/ou gerenciada pelos analistas para a confecção de aceiros e queimadas prescritas³.

Nas terras indígenas sucedem queimadas de uso cultural dos povos que as habitam e por procedência ilegal oriundas de invasores e do manejo no limite das terras. Cabem ao Ibama e a Fundação Nacional do Índio (Funai), e, quando oportuno, a outras agências, de impedir, monitorar e reduzir os incêndios nestes territórios através do Programa de Brigadas Federais (PBRIF).

O PBRIF foi criado em 2012 como um Programa da Política Nacional sobre Mudança no Clima (PNMC) com o objetivo de formar e contratar brigadistas florestais para desempenharem atividades pontuais e de forma especializada (PREVFOGO, 2012). Anualmente o Ministério do Meio Ambiente (MMA) declara períodos emergenciais que compreendem as estações de estiagem do país para admitir brigadistas - sejam indígenas, quilombolas ou membros das comunidades não-tradicionais e locais, selecionados através de editais públicos. O principal escopo deste provimento de pessoal é coibir incêndios de

² Plataforma de divulgação das operações de combate de nível 3 do Governo Federal. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/ciman/operacoes-geral/> . Acesso em 04 set. 2019.

³ Comunicação pessoal de João Morita, analista ambiental do ICMBio, recebida por correio eletrônico, em 03 de setembro de 2019.

elevada magnitude por meio de atividades de prevenção, educação ambiental, capacitação, monitoramento, pesquisa, recuperação de áreas queimadas e combate (IBAMA, 2016).

Desde seu início o programa tem impacto no orçamento do Ibama (média anual de R\$ 27.334.273,60 entre 2013 e 2017)⁴ e nas terras indígenas de atuação, o que enseja avaliações profundas dos resultados das ações, especialmente dos componentes espaciais do regime de queima - análise das áreas afetadas pelas queimadas combinada com eventos climáticos, locais de ocorrência e tipos de combustíveis (PYKE et al., 2010) - em conjunto com a aferição da quantidade de energia emitida e recorrência para compreender a degradação por fogo das áreas contempladas pelo Programa.

Até o momento da publicação desta pesquisa constam apenas 2 artigos na base de periódicos *Web of Science*⁵ que avalia o impacto das brigadas: 1. sobre percepção do PBRIF pelos povos da terra indígena de Porquinhos no Maranhão (VILANOVA e HAMMES, 2017) e 2. Sobre a contribuição das brigadas indígenas Xerente no ICMS ecológico do município de Tocantínia (XERENTE e BILAC, 2019).

É notória a necessidade de mais estudos que visem contribuir com o planejamento das ações do Programa e com a política pública ambiental para redução da degradação dos ecossistemas do Cerrado. Ademais, há uma inquietação da sociedade civil com o uso do fogo face a importância do desenvolvimento nacional, da conservação ambiental e do diálogo com os povos tradicionais. Desta forma, há questões sobre o Programa de Brigadas Federais que precisam ser respondidas, como:

1. O Programa cumpre a função de reduzir a incidência de fogo descontrolado e contínuo nos meses secos?
2. O impacto do fogo nas áreas florestadas tem diminuído?
3. O padrão das queimadas mudou?
4. A intensidade das queimadas aumentaram?

4 Informação cedida pelo Prevfogo/Ibama.

5 Realizou-se a pesquisa em 27 de maio de 2019 com publicações compreendidas entre os anos de 2015 a 2019, a partir das palavras chaves - em português e em inglês: (fogo * OU área queimada *) E (terras indígenas * OU povos indígenas *) E (políticas públicas * OU prevfogo * OU brigadas * OU combate *).

5. O PBRIF consegue ter alcance de resposta mesmo em períodos de secas extremas?

Neste sentido, esta dissertação visou reduzir estas lacunas, a partir do cenário do fogo no Parque Indígena do Araguaia (PQARA), local com a maior porcentagem de brigadistas contratados entre 2013 e 2017⁶, de ocorrência no bioma Cerrado e Tocantins e reconhecido como um dos mais importantes santuários ecológicos do Brasil.

1.1 Objetivos da pesquisa

A principal finalidade deste trabalho foi avaliar e comparar a variabilidade das queimadas no Parque Indígena do Araguaia antes e durante implementação do PBRIF. Especificamente:

- a) Examinar anual e interanualmente o regime e intensidade do fogo com dados de área queimada, fogo ativo e potência radiativa do fogo;
- b) Relacionar as cicatrizes de fogo com os tipos de formação de vegetação e uso e ocupação do solo;
- c) Evidenciar espacialmente as áreas com maior recorrência do fogo;
- d) Enumerar anualmente o total de dias consecutivos sem chuva e analisar a relação entre as variáveis do fogo com os dados de precipitação e
- e) Estabelecer zonas de fogo em relação a recorrência e tipo de vegetação.

1.2 Estrutura da dissertação

A dissertação foi organizada em tópicos de fundamentação teórica, abordagem metodológica, resultados e discussões, considerações e recomendações, referências e anexos, além desta introdução. Conforme detalhamento da **Figura 1**, para todo o trabalho foi considerada a escala de pesquisa do território Brasil → para paisagem Cerrado e → para

⁶ Dados sobre as contratações das brigadas foram cedidas gentilmente pelo Prevfogo/Ibama.

o local Parque Indígena do Araguaia, com o intuito de descrever os tipos, origens, impactos e histórico do fogo, as políticas públicas relacionados ao assunto e a importância de produtos e análises oriundos das Geotecnologias para estabelecer a variabilidade do fogo; todos estes descritos no tópico 2 - fundamentação teórica. O período de análise compreendeu 10 anos, de 2008 a 2017, a partir de uma abordagem quantitativa e qualitativa descrita no tópico 3 - abordagem metodológica . As respostas e motivações dos resultados estão descritas textualmente e detalhadas visualmente em gráficos, mapas e tabelas no tópico 4 - resultados e discussões. O desfecho do trabalho e sugestões para outras publicações acadêmicas e ações do Programa, a partir das questões levantadas durante execução deste trabalho, estão em 5 - considerações e recomendações. A bibliografia consultada foi organizada no tópico 6 - referências - e no tópico 7 - anexos estão informações complementares.

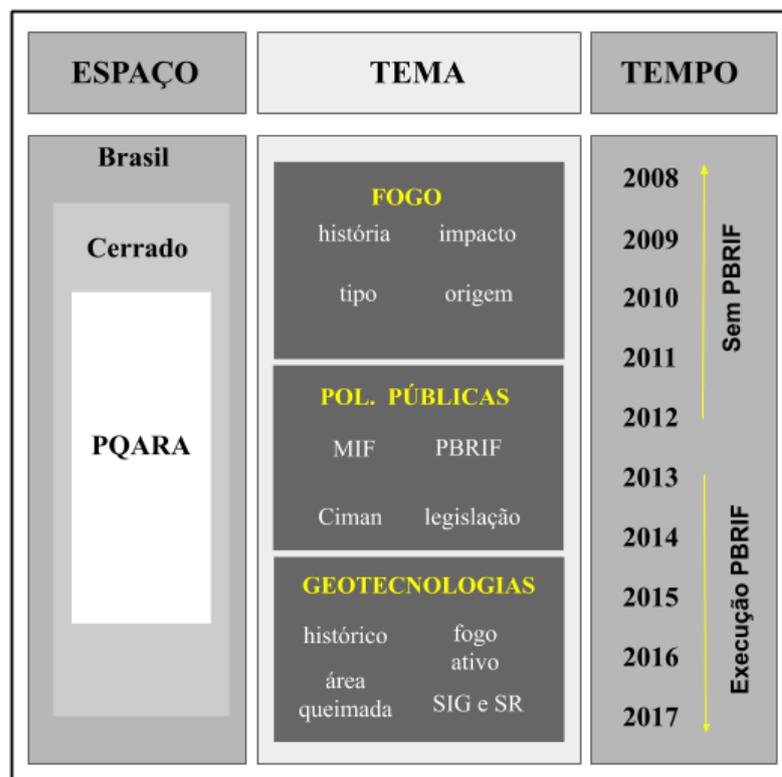


Figura 1- Modelo conceitual da pesquisa dividido em Espaço, Tema e Tempo [Elaboração da autora, 2019]

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O fogo no Cerrado

2.1.1 O fogo

É impossível excluir o fogo da história da Terra e do homem, já que este tem importância evolutiva para ambos. Do ponto de vista químico e físico, esta ferramenta compreende três elementos básicos: o oxigênio, o combustível e o calor. No processo de combustão, a proporção destes configura o padrão e magnitude das queimadas e a fonte de ignição é responsável pela origem.

As primeiras queimas conhecidas são naturais, causadas por raios e vulcões, e datadas do período Proterozóico (há ~2,5 bilhões de anos), quando houve o aumento de oxigênio na atmosfera (PAUSAS e KEELEY, 2009; BOWMAN *et al*, 2009). No período Siluriano (há ~443 milhões de anos), com o surgimento das plantas terrestres, são evidenciados os primeiros incêndios florestais (GLIKSON, 2013; GLASSPOOL *et al.*, 2004). No período Paleogeno (há ~65,5 milhões de anos), com a evolução do *Homo habilis* para o *Homo erectus*, a capacidade do sistema digestivo foi dificultada para absorver quantidades elevadas de toxinas dos tubérculos (ANTÓN, 2003; RAGIR, 2000; GORMAN, 2008), sendo necessário para digestão completa o cozimento dos alimentos. Este foi considerado o primeiro uso controlado do fogo, o que agregou ao fogo o sentido de aparato vital de sobrevivência da espécie humana.

Desde então, o emprego do fogo em áreas naturais é proporcional ao aumento populacional e à necessidade de produção de insumos que, no Brasil, é associado à plantação de monoculturas, criação de gado e produção de carvão vegetal (MORELLO *et al.*, 2017). Todos os Biomas da divisão do IBGE⁷ - Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa,

⁷ Informação sobre a divisão dos Biomas do Brasil, pelo IBGE:

<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=o-que-e>> Acesso em 12 mai. 2019.

Pantanal e Cerrado - tem histórico de detecção de queimadas no período seco, sendo o Cerrado o ecossistema mais afetado, com queimadas regulares recorrentes no mesmo local a cada 2 ou 3 anos e, até por em situações atípicas, de recorrência bianual. O emprego do fogo varia, podendo ser legal ou ilegal, bem como benéfico ou danoso, em razão do tipo de queimada utilizada.

2.1.1.1 Tipos de queimadas

São conhecidas 3 tipos de queimadas: controlada, não controlada e prescrita. A queimada controlada, definida pelo Decreto 2.661 de 1998 (BRASIL, 1998), é utilizada para fins de produção, manejo e pesquisa científica e tecnológica em áreas com limites previamente definidos. Para realizar esta, é necessária uma autorização previamente emitida por um órgão licenciador e atender todas as normas como: confeccionar aceiros, fazer reconhecimento da área, realizar em dias e horários apropriados, comunicar aos proprietários das áreas adjacentes e preparar a equipe para a realização (IDEM, 1998). Caso as queimadas não tenham autorização, mesmo que obedeçam todas as outras necessidades legais, passam a se configurar como queimadas ilegais passíveis de sanções penais aos responsáveis.

As queimadas do tipo não controlada, também conhecidas como incêndios, são resultantes do fogo mal gerenciado (MYERS, 2006), aplicadas geralmente em períodos de estiagem e/ou que não foram bem limitados e/ou que extrapolaram o domínio estabelecido para uso. Todas as queimas deste tipo são consideradas ilegais, podendo gerar autos de infração e embargos ambientais .

Por fim, as queimadas prescritas, termo erroneamente utilizado pela comunidade científica como sinônimo de queimada com finalidade experimental - vide publicações de Sato e Miranda (1996), Medeiros e Miranda (2005) e Coutinho (1977), passou a ser adotada pelos órgãos ambientais com o sentido semelhante a queimadas planejadas sem limite de área previamente definido para "*provocar queimas de baixa intensidade (ou fogo frio) antes do auge da estiagem, com vista a fragmentação do combustível como forma de diminuir a*

ocorrência dos grandes incêndios" (BARRADAS, 2017, p. 107). Desde 2014, o Ibama e o ICMBio realizam queimadas prescritas em unidades de conservação federal e terras indígenas, com viés de prevenção e produção de dados científicos e operacionais.

Ainda que não seja citado na literatura, vale citar que também existem queimadas de origem tradicional, que não são compreendidas como queimadas controladas ou queimadas prescritas, pois podem ser associadas a manifestações culturais, não tem limite definido de alcance, excetuando em roçados, e não dependem de autorização, segundo o novo Código Florestal (BRASIL, 2012).

Independente do tipo, no Brasil ainda não existe um banco de dados sistematizado conforme o tipo de queima; entretanto, todos estes podem ser danosos, caso aplicados sem gerenciamento e conhecimento local, em fitofisionomias sensíveis ao fogo e quando mal intencionados. Ainda assim, parte das espécies e ecossistemas são propensas ao fogo, o que agrega a esta ferramenta o sentido ecológico e natural necessário para manutenção da paisagem no Cerrado.

2.1.2 O Bioma

O Cerrado contíguo, conforme limites estabelecidos pelo IBGE (2019) e detalhado na **Figura 2**, está localizado na porção central do país e ocupa 21% do território brasileiro, ~2 milhões de km², envolvendo os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia, Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. No tocante aos grandes ecossistemas do Brasil, está geograficamente posicionado entre quase todos os biomas, excetuando o Pampa (WERNECK et al., 2011).

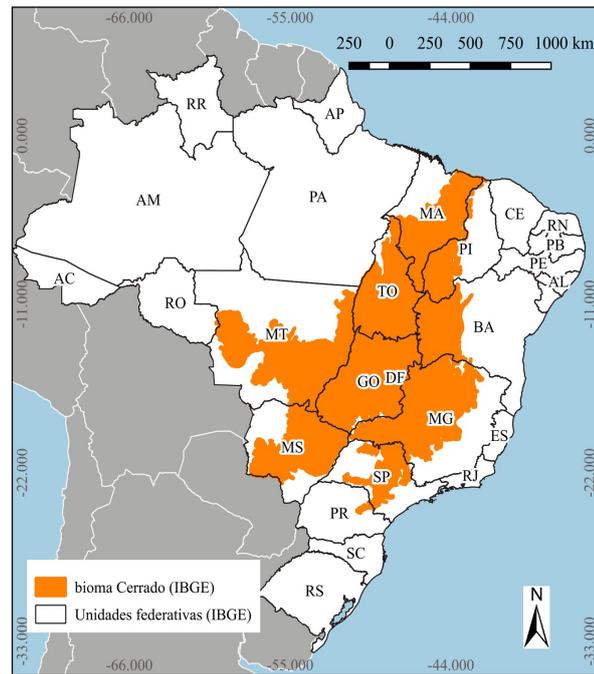


Figura 2- Localização do bioma Cerrado no território brasileiro
[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: IBGE]

O Bioma é formado por um conjunto de paisagens divididos em formações florestais, formações savânicas e formações campestres. As formações florestais têm predominância de espécies arbóreas e dossel predominantemente fechado; as formações savânicas possuem, em forma majoritária, espécies arbustivas e arbóreas de porte mediano e dossel mais aberto em relação às fitofisionomias florestais; as formações campestres, por fim, tem predominância de espécies herbáceas e dossel majoritariamente aberto, como graficamente pode ser compreendido na **Figura 3**.

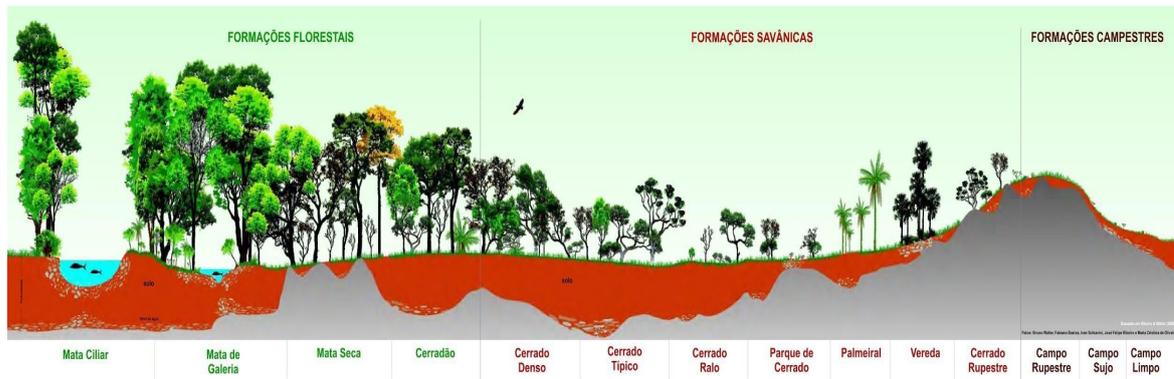


Figura 3- Fitofisionomias por tipo de formação
[Elaborado por Ribeiro e Walter, 2008]

Esta divisão foi proposta por Ribeiro e Walter (2008) e contempla a heterogeneidade espacial do Bioma, o que infere a complexidade de compreendê-lo e classificá-lo em uma única categoria, como Savana. O conjunto desta dissimilaridade de paisagens possui um alto nível de biodiversidade e endemismo de espécies (SILVA et al., 2006; KLINK e MACHADO, 2005). Em contradição a esta relevância biológica, apenas 20% da área do Bioma está protegida legalmente com unidades de conservação (MATTAR et al., 2018) e mais de 50% da sua área original já desmatada (MACHADO, 2004). Por isto, o Cerrado é um *hotspot* ecológico (MYERS et al., 2000).

A taxa média anual de desmatamento para todo o Cerrado é de mais de 15 mil km², mais que duas vezes maior, comparando com a taxa média de 6 mil km² de desmatamento da Amazônia Legal, para o mesmo período, e que possui ~5 milhões de km² de área contígua (mais que o dobro do Cerrado)⁸. Estes altos valores ocorrem em razão do antigo Código Florestal, (BRASIL, 1965), do Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), do Decreto do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar (BRASIL, 2009), do deslocamento da plantação da soja para o Cerrado devido a moratória da soja da soja (KASTENS et al., 2017), da pouca quantidade de áreas protegidas (unidades de conservação), do não-

⁸ Estes valores foram interpretados e avaliados com os dados do Prodes Amazônia e do Prodes Cerrado que são consolidados e publicados pelo Ministério do Meio Ambiente (Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2018). Disponíveis em: <<https://www.mma.gov.br/component/k2/item/15309-desmatamento-no-bioma-cerrado-em-2018.html>> e <<https://www.mma.gov.br/informma/item/15259-governo-federal-divulga-taxa-de-desmatamento-na-amaz%C3%B4nia.html>> Acesso em 13 set 2019.

comparecimento do Bioma como patrimônio ambiental no Art. 225 da Constituição Federal de 1988 (BERGAMASCHINE, 2017) e da crescente demanda de áreas para produção de soja, cana-de-açúcar e algodão (BULLER et al., 2017; AUBERTIN, 2013; SILVA, 2006). Machado et al. (2004) consideram que caso ocorra uma taxa anual de 1.1% de desflorestamento em relação ao total de área do Bioma, em 2030 o Cerrado não existirá mais.

Além da homogeneização da paisagem, existe o uso intensivo do fogo que, consoante ao estudo de Aragão et al. (2008), tem uma forte interação com o desmatamento. As áreas mais afetadas e com maior densidade de área queimada são a região norte do Bioma, no mês de setembro, próximas e dentro de áreas protegidas que, por teoria, deveriam ser as mais conservadas e com menor distúrbio antrópico (RODRIGUES, 2018). Geralmente, para este período, a origem do fogo é econômica (MORELLO et al., 2017) e criminosa, podendo ter, em menor escala motivação tradicional e institucional.

2.1.2.1 Origens das queimadas no Cerrado

As queimadas no Cerrado podem ter origem natural ou antrópica que pode ser oriunda do manejo tradicional, manejo econômico, manejo institucional ou de intenção criminosa. A primeira é abiótica e não pode ser determinada logicamente o horário e local de ocorrência; as demais são antropogênicas e podem ser determinadas conforme interesse do agente que a inicia. Detalhe esquemático na **Figura 4**.

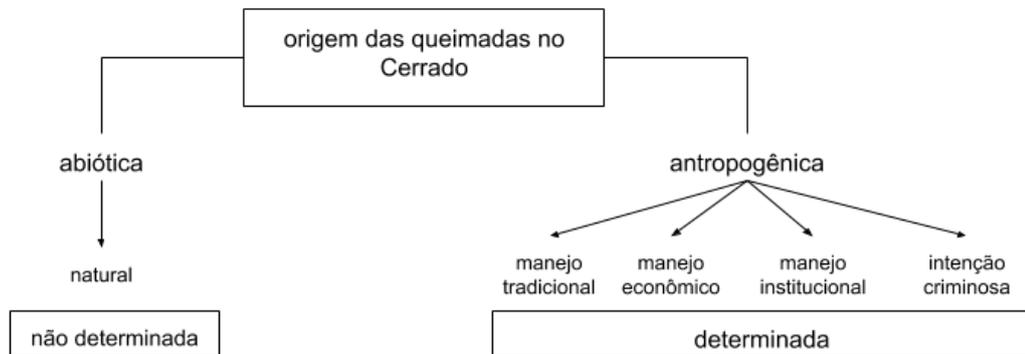


Figura 4- Esquema das origens das ignições no Cerrado
[Fonte: Elaborado pela autora, 2019]

As queimadas naturais são relatadas para unidades de conservação em Ribeiro e Figueira (2011) e Silva et al. (2011) através da ocorrência de raios (descargas elétricas) em transição de estações ou na estação chuvosa. Estas, em conformidade com análise de França e Setzer (2007), para o Parque Nacional das Emas, tem recorrência para um mesmo local em média de 6-7 anos.

Os manejos tradicionais variam em razão do povo e para quais finalidades. No relatório de consolidado de resgates sobre o uso do fogo, elaborado pelo Prevfogo (2019), foram constatados 14 motivos de uso tradicional pelos povos indígenas. Cita-se: preparação de roça, proteção das aldeias e arredores, rituais, celebrações, extração de mel, comunicação, caça, pesca, frutificação, abertura de caminhos, proteção de animais peçonhentos, redução de combustível, proteção de ecossistemas e rebrota do pasto.

Este tipo de uso geralmente é resiliente e sustentável (PEREIRA e DIEGUES 2010; GADGIL et al., 1993; BERKES et al., 2000, MERCER et al., 2007, GORJESTANI, 2000). Hodiernamente, Nepstad et al. (2006) constataram que as áreas mais conservadas e que coíbem os incêndios geralmente são terras indígenas. Os cultivos de alguns povos com uso do fogo, como lição os Kayapó, ocorriam (e ainda ocorrem) em zonas florestais circundadas pela matriz savânica, provavelmente por conta da fertilidade do solo (POSEY, 1985). Raramente são diagnosticados perigo de degradação e baixa resistência, diante do pousio e da manutenção das culturas dentro destas matrizes, próximas a espécies nativas. Outro exemplo é a técnica da coivara, prática de corte de vegetação e queima, comum aos Tupi,

Xavantes e Avás Guaranis, que têm um nexos com a escolha do local, de como será realizado e é pré estabelecida em eventos culturais e tradicionais (VAN VLIET et al., 2013; CERQUEIRA, 2009; VERA e BRAND, 2014).

As queimadas oriundas de manejo econômico são alusivas ao desflorestamento para produção de monoculturas, criação de gado e silvicultura. Este tipo de queimada também tem relação com a política energética quando depreende do uso do fogo em novas áreas para extração de recursos naturais ou, e.g, produção sucroalcooleira.

As queimadas com intenção criminosa não obedecem as normativas legais e tem caráter exclusivo de agressão ao meio, como exemplo o Dia do Fogo, 10 de agosto de 2019, data que produtores rurais atearam fogo na região de Novo Progresso, município de Altamira (PA), com a finalidade de mostrar ao Governo Federal que *para formar e limpar nossas pastagens é com fogo*⁹.

As queimadas de manejo institucional, por fim, são para prevenção e/ou combate com finalidade de impedir a entrada do fogo em áreas estratégicas, coibir o avanço de incêndios, proteger locais de relevância biótica e cultural e, por fim, reduzir a quantidade de biomassa seca.

Tanto as queimadas naturais quanto as queimadas tradicionais foram importantes para a adaptação evolutiva de algumas espécies vegetais do Cerrado ao fogo, diferente das queimadas econômicas e criminosas que têm respostas de recorrência, frequência e magnitude mais agressivas.

2.1.3 A vegetação do Cerrado e as queimadas

No Cerrado, considerando os tipos de formação e estratos de vegetação que o abrange, as queimadas vão ter respostas distintas. As árvores do Cerrado *Stricto Sensu* são resistentes ao fogo, devido a morfologia das plantas - casca espessa, proteção de gemas e órgão subterrâneos - (MIRANDA e SATO, 2005) e a fisiologia - translocação de nutrientes para tecidos subterrâneos no início da estiagem (COUTINHO, 1982). As arbustivas, que são

⁹ Sobre o assunto: disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-49453037>> Acesso em 23 out. 2019.

de menor porte, tendem ter a morte total do indivíduo em decorrência a total exposição ao calor das chamas. Já as do estrato herbáceo, muitas espécies são pirofíticas (COUTINHO, 1982) e com alto fator de recuperação, inclusive em queimadas bienais (SILVA, 2018). Árvores que caracterizam as fitofisionomias florestais do Cerrado não apresentam a morfologia das que ocorrem no Cerrado *Stricto Sensu*, portanto, tem um impacto diferenciado que pode ocasionar reflexos na composição florística, na estrutura e na alta mortalidade de indivíduos (SILVA et al., 2005; SANTIAGO et al., 2005).

O impacto em cada tipo de fitofisionomia, todavia, compreende a magnitude e frequência das queimadas que são variáveis, especialmente do período chuvoso para o período seco. Para caracterizar e tentar delimitar esta diferença, Dias et al. (1996) propuseram uma divisão de tratamento: sem queima (sem efeito do fogo na vegetação), precoce (no início da estação seca, geralmente com a finalidade de reduzir combustível e possibilitar a rebrota de espécies herbáceas), modal (durante a estação seca e quando ocorre o predomínio de queimadas no Cerrado) e tardia (no final da estação seca). As queimadas precoces têm menores taxas de mortalidade dos indivíduos arbóreos em relação às queimadas tardias, segundo experimento realizado em UCs do Cerrado (SCHMIDT et al., 2016). Apesar disto, a recorrência do efeito do fogo altera esta relação a partir de uma segunda queimada, podendo chegar a um grau de efeito de queimada tardia em 10 anos (SATO, 2003). Para cada tipo fitofisionômico de cada formação do Bioma, esta lógica também pode ser diferente, considerando que nem todos os tipos vegetacionais têm relação ecológica com o fogo.

Esta coexistência ou incompatibilidade dos ecossistemas com as queimadas fez Myers (2006) classificar os ambientes como em independentes, dependentes, sensíveis e influenciadas. A vegetação independente não tem qualquer relação ou relação quase inexistente com o fogo. Geralmente são ecossistemas situados em lugares frios, secos ou úmidos, como desertos e tundras. As dependentes são resistentes às queimadas e a supressão pode causar distúrbios, como perda de habitats. As sensíveis não tem relação evolutiva com o fogo e não dependem da sua ocorrência. Os influenciados, por fim, são as que o fogo não exerce papel ecológico, porém algumas espécies podem responder

positivamente aos danos. Dentro desta conceituação, as formações florestais do Cerrado podem ser compreendidas como sensíveis; já as savânicas e campestres do Cerrado, o conceito que mais se aproxima destas é de dependentes; entretanto, haja visto que estas se mantêm mesmo na ausência do fogo e o impacto depende da frequência e do período das queimadas, estas ainda são melhores compreendidas como propensas ao fogo, como defende Barradas (2017). Esquema da resposta ecossistêmica do fogo está na **Figura 5**.

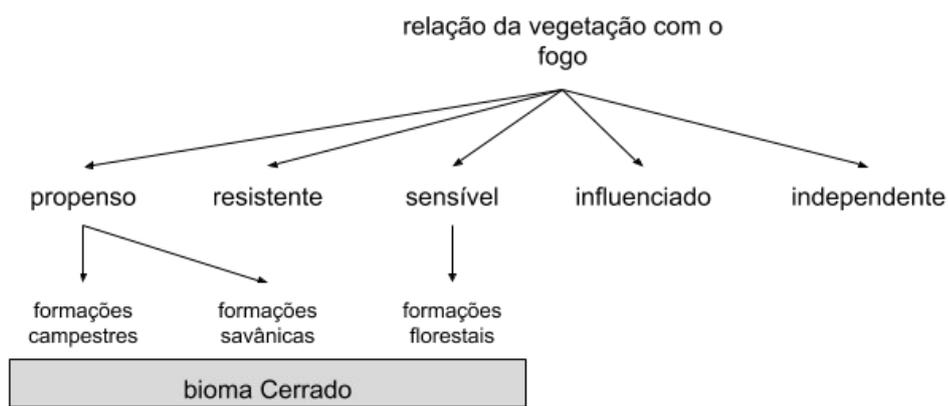


Figura 5 - A relação da vegetação com o fogo - enfoque Cerrado
[Fonte: Elaborado pela autora, 2019]

As condições meteorológicas e o clima também é elencado como um dos elementos para o entendimento do fogo no Cerrado (LEHMANN et al., 2014). Eventos extremos podem favorecer déficits hídricos anormais do solo e da vegetação. por isto, é inevitável condicionar fatores abióticos, a exemplo do clima, no padrão das queimadas (COCHRANE, 2003; BEERLING e OSBORNE, 2006).

2.1.3.1 Fogo e clima

É evidente a compreensão da dinâmica do tempo e dos eventos meteorológicos para o estudo do padrão das queimadas. A temperatura, a umidade relativa do ar, os ventos, a insolação e a pluviosidade são fatores que influenciam o regime e a magnitude do fogo, por consequência, a resposta da vegetação às queimadas. Todos estes fatores vão ser intensificados no período de estiagem, quando a umidade relativa do ar e as chuvas

diminuem e temperatura do ar aumenta. Segundo estudo de Marcuzzo e Goularte (2013), no Cerrado ocorrem mais anos secos em relação à Amazônia - no estudo que compreende o período de 1977 e 2006, 22 anos foram de anos classificados como anos anômalos secos e apenas março e abril tiveram valores crescentes de precipitação (MARCUIZZO e GOULARTE, 2013).

As chuvas umedecem a biomassa, o que reduz a possibilidade de danos severos à biodiversidade (TROLLOPE, 1984). Na ausência delas, ocorre o estresse hídrico da vegetação e do solo (NEPSTAD et al., 2007) e a torna mais suscetível às queimadas, especialmente a parte aérea das herbáceas. As altas temperaturas do ar tem relação direta com a ignição (PEREIRA JR., 2002), claro que fator este relacionado com o tipo de combustível e com a disponibilidade de oxigênio. E.g., Ray et al. (2005) relata que temperaturas do ar maiores que 24°C já aumenta o risco de fogo, a depender do tipo de ecossistema de ocorrência. Por último, a umidade do ar tem relação com a inflamabilidade do combustível. Quanto mais baixa, maior a possibilidade de propagação de uma queimada já iniciada (UHL e KAUFFMAN, 1990). Em secas extremas, o aumento da propagação do fogo é um risco comum, como Nelson (1994), Zeng et al. (2008), Marengo et al. (2011) e Aragão et al. (2013) avaliaram a reação do fogo como descomedida em eventos como este.

Anomalias do tipo *El Nino*, evento climático caracterizado por um aquecimento acima do normal das águas do oceano Pacífico Equatorial, também altera a distribuição das chuvas (OLIVEIRA, 1999) e potencializa o deslocamento da linha do fogo e o tamanho das áreas afetadas (ZENG et al., 2008; MARENGO et al., 2011). Esta influência é clara no bioma Amazônico (ASNER et al., 2000; RONCHAIL et al., 2002; JIMÉNEZ-MUÑOZ et al., 2016); no Cerrado, todavia, como estes vão reger sobre as secas, é tema de discussão e controvérsia. Autarquias ambientais como o Ibama tendem a qualificar o impacto do fogo e severidade a partir da influência deste evento; entretanto, a anomalia não tem relação profunda nos regimes de precipitação e temperatura para o Bioma (SILVA, 2018). Um estudo sobre a caracterização do *El Nino* e *La Nina* no Cerrado evidenciou que, para o *El Nino* moderado de 2007, houve um aumento da quantidade de nuvens e da temperatura de superfície abaixo do esperado no Cerrado (SANTOS et al, 2011). Já Grimm et al. (2000) e Silva (2018)

observaram que é comum a anomalia positiva de chuvas no sul do Cerrado. Silva (2018) foi mais distante e percebeu que no setor norte do Bioma, as chuvas ficam abaixo da média, que na região central não há qualquer influência e por fim, de um modo geral, a influência não é significativa na precipitação.

As queimadas também afetam a dinâmica da atmosfera com a formação de pironuvs, com o aumento da taxa de radiação, com o decréscimo de chuvas e com a emissão de poluentes (ARTAXO et al., 2009; SANTOS, 2017). Este último, ainda tem maior relevo geopolítico, devido as atuais estratégias do mercado de carbono (MOREIRA, 2013), e o impacto na saúde pública (SANTA ROSA et al., 2019)

Apesar dos sinistros serem favorecidos com a estiagem, a origem das queimadas é responsável pela ignição (descrito no tópico 2.1.3). Queimadas naturais, por raio, comumente ocorrem no final da estação seca para a chuvosa (FRANÇA et al., 2007). Dos outros meses, as evidências são antropogênicas. Cabe ao poder público criar políticas específicas para mitigá-los, quando de origem criminosa e econômica.

2.2 O fogo nas políticas públicas

Estima-se que queimadas descontroladas já causaram prejuízos de ~15 bilhões de dólares e modificaram a resiliência de alguns ecossistemas da América Latina (BOWMAN, 2009). O elevado custo para prevenção e defesa contra os incêndios florestais no Brasil tem mérito neste valor por meio de programas e políticas específicas para conscientizar a população, monitorar os incêndios florestais e fiscalizar queimadas.

Até 1964 é difícil localizar dispositivos legais que conscientizam e coíbam o uso do fogo ilegal. Em 1965, com a publicação do Código Florestal, Lei nº 4.771 de 1965, a proibição ao uso do fogo foi posta como principal artifício para reduzir as queimadas, excetuando em propósitos agropastoris (MISTRY et al., 2005; BRASIL, 1965). Com a promulgação do Novo Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651 de 2012, as queimadas

previstas em planos de manejo das unidades de conservação e para fins de subsistência pelos povos tradicionais excetuam-se da proibição (BRASIL, 2012), convertendo a política do fogo zero para o uso tradicional e prescrito. Em passos lentos o IBAMA, ICMBio e secretarias de meio ambiente estaduais incorporaram este manejo em seus procedimentos, ainda abreviadas, em razão da deficiência técnica e científica (FALLEIRO, 2011) e do receio do uso do fogo como ferramenta para reduzir a ocorrência de incêndios. A celeridade desta técnica ocorreu com o Projeto Cerrado Jalapão, uma cooperação bilateral entre o Brasil e a Alemanha (SCHMIDT et al., 2018; STEIL, 2015). O projeto previu o fornecimento de equipamentos, programas computacionais e formação técnica de consultores, gestores de unidades de conservação, brigadistas e analistas ambientais, a partir de atividades pilotos no mosaico de unidades de conservação do Jalapão/Tocantins.

O conjunto metodológico apresentado ficou conhecido como Manejo Integrado do Fogo (MIF) que, segundo Myers (2006), é o uso do fogo por meio da co-participação da sociedade (população local/ comunidades tradicionais/ruralistas), das instituições (órgãos ambientais governamentais e iniciativa privada) e da comunidade científica (instituições de ensino e pesquisa). Os resultados preliminares do projeto foram positivos, com a redução de áreas impactadas pelo fogo nas áreas pilotos (SCHMIDT et al., 2018). Com isto, a área de atuação do Projeto Cerrado Jalapão foi estendido para contemplar outras UCs e TIs do Cerrado e auxiliar na elaboração do Projeto de Lei da Política Nacional do Manejo Integrado do Fogo - PL 11276 de 2018 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2018), em resposta ao plano operativo 2016-2020 do PPCerrado¹⁰ e do Art. 40 do Novo Código Florestal¹¹. A existência e o andamento de alguns itens da PL já ocorrem, como o Programa de Brigadas Florestal (PBRIF), que foi criado em 2012; o Sistema Nacional de Informações sobre o Fogo (SISFOGO), organizado desde 2008; e as reuniões do CIMAN Nacional, em vigência desde 2010. O CIMAN Nacional é a principal forma de compreender e manejar recursos entre as

10 Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/Anexo%20I%20-%20PLANO%20OPERATIVO%20DO%20PPCERRADO%20-%20GPTI%20_%20p%20site.pdf> Acesso em 09 out. 2019.

11 O Art. 40 do código florestal prevê a criação de uma Política Nacional de Manejo e Controle de Queimadas (BRASIL, 2012).

instituições participantes em caso de sinistros graves e o PBRIF atua na formação de brigadistas para combater e prevenir incêndios em áreas federais.

2.2.1 CIMAN Nacional

O Centro Integrado Multiagências de Coordenação Operacional Nacional (CIMAN Nacional) é um conselho deliberativo entre órgãos federais¹² para definir táticas e disponibilizar recursos para combater incêndios florestais em áreas federais (MORAIS, 2013; BRASIL, 2016).

As reuniões ocorrem anualmente nos meses de fogo do Brasil central (junho, julho, agosto, setembro e outubro) e finalizam com as primeiras chuvas e consequente extinção dos incêndios. Todas as áreas com detecção de queimadas são discutidas nos encontros. As deflagradas em operação de nível 3, que necessitam de apoio e recurso externo além da estado de origem, como helicópteros, aviões e brigadas especializadas, são registradas na plataforma virtual de monitoramento CIMAN Virtual <<http://www.inpe.br/queimadas/ciman>>¹³ para evidenciar os principais recursos empregados, valores despendidos, áreas de ataque e relatório de atividades. De 2014¹⁴ a 2018 foram registradas 41 operações na plataforma, sendo que 17 (41,5%) foram em terras indígenas com atividades do Programa de Brigadas Federal¹⁵.

O CIMAN tem importância ímpar na organização multilateral das instituições envolvidas com a política ambiental das queimadas, porém, a contratação das brigadas organizadas pelo Ibama, ICMBio e Secretarias de Meio Ambiente estaduais é o instrumento

12 Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Fundação Nacional do Índio, Secretaria Nacional de Segurança Pública, Polícia Federal e da Polícia Rodoviária Federal, Ministério da Defesa, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria Nacional de Defesa Civil, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Agência Nacional de Aviação Civil e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

13 Acesso em 25 junho de 2019.

14 Não existem operações de 2013 registradas, pois a Plataforma no formato atual, com permissão para registro de dados de operações pelos órgãos que integram o CIMAN Nacional, foi lançada em junho de 2014.

15 Acesso em 23 jun. 2019.

fundamental para coibir incêndios nas terras indígenas, nas unidades de conservação, nos assentamentos e nos quilombos.

2.2.2 A formação das brigadas florestais no Brasil

A história da formação de brigadistas no Brasil é recente e precária na literatura, sendo a primeira normativa legal publicada há cerca de 30 anos - o Decreto 97.635 de 1989, que estabeleceu condições ao uso do fogo e destinou o exercício do combate dos incêndios florestais aos bombeiros e às brigadas voluntárias¹⁶ (BRASIL, 1989).

O IBAMA firmou convênios com Corpos de Bombeiros (CBM) de alguns estados e adotou formas da organização e operação que gradativamente foram implantadas (RAMOS, 1995). Apesar dos esforços, o trabalho com os CBMs e com as brigadas voluntárias não teve êxito, pois estes eram acionadas quando os incêndios estavam em um nível catastrófico¹⁷. Uma das justificativas é que o assunto era pouco tratado até 1997 e só tomou proporção cabida em 1998, quando ocorreu um dos maiores incêndios da história em Roraima¹⁸.

A partir de 1998 são localizados no site do Ibama acordos de cooperação técnica para capacitação e formação de brigadas voluntárias, porém, sem descrição das atividades, qual a capacitação delas e como entra o apoio do Estado. No mesmo ano, com a revogação do Decreto nº 97.635 de 1989 e publicação do Decreto 2.661 de 1998, a supressão ao uso do fogo é evidenciada e a as atribuições e criação de programas para reduzir as queimadas descontroladas é destinada ao Ibama, como consequência em coordenar o Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (BRASIL, 1998).

Em 2001, o Ibama, por meio da Portaria nº 85 de 2001, institui o Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo), com autonomia administrativa e financeira para executar o Sistema (IBAMA, 2001). Neste mesmo ano, as primeiras brigadas

16 Nenhum registro foi localizado sobre as brigadas voluntárias, como capacitação, organização etc.

17 Comunicação pessoal com Rodrigo de Moraes Falleiro, analista ambiental do Prevfogo Ibama em 23 de junho de 2019, por e-mail.

18 Comunicação pessoal com Lara Steil, analista ambiental do Prevfogo Ibama em 27 de junho de 2019, por e-mail.

temporárias foram formadas e capacitadas pelo Prevfogo para trabalhar em Unidades de Conservação Federais (UCF), que a época, era de competência do órgão. As contratações pelo Ibama duraram até 2008, quando a recém criada autarquia Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) assumiu a missão de gerir, criar e fiscalizar as UCF. Apesar da perda de atribuição nas unidades de conservação, o Prevfogo reconheceu a importância desta primeira formação de brigadas em áreas protegidas na redução dos incêndios, na criação de normas para gerenciamento das atividades, na organização de técnicas de combate e na implementação do monitoramento de queimadas *in loco* (IBAMA, 2017).

Em 2009, o Prevfogo transferiu a atuação para os municípios com alto risco de incêndios, por meio do primeiro programa de brigadas locais: as Brigadas de Incêndios Florestais em Municípios Críticos (BMC). Os trabalhos das BMC foram interrompidos no final de 2012, devido a promulgação da Lei Complementar 140 que definiu as atribuições de proteção ambiental conforme ente federativo do poder público - Municipal, Estadual, Distrital ou Federal (BRASIL, 2011). Apesar da rápida existência, este programa demonstrou a complexidade em atuar numa matriz abrangente, incluindo áreas privadas e de conflitos que estão no eixo do desmatamento, onde a atuação do Ibama não era bem quista¹⁹. Neste momento foi repensando um retorno de exercício das brigadas em áreas pontuais e relevantes para proteção da biodiversidade²⁰. O redirecionamento dos critérios foi necessário, como a determinação das regiões prioritárias, dos órgãos parceiros e da transferência da sede das brigadas (IBAMA, 2017).

Em 2012, o Prevfogo elaborou o Programa de Brigadas Federais (PBRIF) com atuação em terras indígenas, assentamentos e no quilombo Kalunga (PREVFOGO, 2012). O único órgão que formalizou o interesse das atividades junto ao Ibama, por meio de um acordo de cooperação técnica (FUNAI, 2013), foi a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), responsável

19 Comunicação pessoal com Rodrigo de Moraes Falleiro, analista ambiental do Prevfogo Ibama, em 23 de junho de 2019, por e-mail.

20 Ressalta-se que nenhum destes programas foram desmobilizados repentinamente no órgão de origem. Houve um processo de transição de aproximadamente 2 anos para a transferência completa de atividades ao ICMBio em 2008 e, do mesmo modo em 2012, às unidades federativas, através da atuação supletiva das brigadas especializadas do Prevfogo.

institucional pela demarcação, fiscalização e apoio em terras indígenas. O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) confere apoio e interesse através das reuniões do CIMAN Nacional²¹ e a Fundação Palmares não respondeu os convites e as tentativas de diálogos junto ao Ibama para protocolar as atividades em apoio mútuo²².

De 2013 a 2017, as Brigadas Federais (BRIF), subdivididas em brigadas indígenas (BRIF-I), brigadas em assentamentos rurais de reforma agrária (BRIF-A), brigada quilombola (BRIF-Q) e brigadas especializadas (BRIF-E), já foram contratadas para trabalhar pontualmente²³ em 59 áreas do programa, sendo 34 terras indígenas. Detalhe na **Tabela 1**.

Tabela 1- Total de áreas, por tipo, que o Prevfogo já contratou brigadas

Áreas de atuação local	Total
Assentamento	24
Quilombo	1
Terra indígena	34

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Prevfogo/Ibama]

No momento atual, o Programa é a base principal do Ibama em mitigar queimadas ilegais e descontroladas em territórios tradicionais e todos os seus dados devem estar registrado no Sistema Nacional de Informações Sobre o Fogo (SISFOGO). Devido às manifestações dos povos que habitam estas áreas, alguns questionamentos são construídos sobre a inserção de técnicas e tecnologias, que por vezes se distanciam da tradicionalidade (NADASDY, 2005) e do olhar ao fogo ; porém, os territórios são grandes (em escala) e o monitoramento *in loco* é custoso, demorado e tem baixo poder de resposta, quando se trabalha em nível de política nacional. Investimentos no monitoramento por parte do Governo Federal são altos para subsidiar a sociedade civil e os órgãos ambientais no monitoramento das queimadas. Neste sentido, o uso de sistema de informações geográficas

21 Comunicação pessoal com Gabriel Constantino Zacharias, coordenador do Prevfogo Ibama, em 25 de junho de 2019, por e-mail.

22 Comunicação pessoal com Rodrigo de Moraes Falleiro, analista ambiental do Prevfogo Ibama, em 23 de junho de 2019, por e-mail.

23 Ditas locais, pois as brigadas podem ter atendimento em apenas no território de atuação ou ser especializada para atuar em determinados Biomas ou condições. Esta segunda, principalmente, se desloca para atividades de combate em territórios e regiões fora de atendimento do Programa, quando solicitado apoio ao Ibama por meio das reuniões do CIMAN Nacional ou em combates de nível 2 e 3.

tem mérito para deslocar recursos para combate e direcionar táticas de prevenção de queimadas descontroladas.

2.3 Sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto no monitoramento de queimadas no Brasil

Coleta de dados da paisagem para todo um território, independente das dimensões, é complexo e às vezes inexecutável. As técnicas de sensoriamento remoto e de SIG são fortes aliados para minimizar este problema e conferir acesso à informação em tempo quase real, principalmente para grandes escalas e curto espaço de tempo. O sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas para coletar dados por meio de instrumentos, a partir do registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície, sem a necessidade de contato direto (JENSEN e EPIPHANIO, 2011). Já os sistemas de informação geográficas se constituem como um conjunto funcional para capturar, armazenar, manipular, transformar, visualizar, combinar, investigar, analisar e modelar dados georreferenciados (BONHAM-CARTER, 2014).

O primeiro marco destas é em 1858, quando é realizada a primeira fotografia aérea (JENSEN e EPIPHANIO, 2011). 103 anos depois, em 1961, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é criado com a missão de "*produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do Brasil*" (INPE, 2017). A disseminação das informações se torna rápida, tanto no Brasil e no mundo, devido também ao contexto de Guerra Fria. Muitas tecnologias são desenvolvidas na corrida armamentista e o sensoriamento remoto também foi alavancado para imageamento territorial (CLOUD, 2002). Neste período também ocorrem os primeiros estudos sobre características espectrais das queimadas nos Estados Unidos com o projeto *Fire Scan* (PEREIRA, 2009). O projeto durou 8 anos e resultou em um sistema de imageamento de queimadas biespectral entre os canais de 3 - 4 μm e 8,5 - 11 μm (WILSON e NOSTE, 1966).

Com o lançamento do Landsat 1, a história da informação ambiental foi redimensionada com a possibilidade de monitorar a produção alimentícia do mundo, a água e o manejo dos recursos naturais (LEIMGRUBER e CHRISTEN, 2005). O INPE foi pioneiro em disponibilizar gratuitamente as imagens deste satélite para todo e qualquer tipo de usuário (INPE, 2017), seguindo o exemplo, a posteriori, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Estudos sobre queimadas começaram a ser mais divulgados, entretanto, majoritariamente em escala local. Em 1981, Matson e Dozier (1981) publicaram um trabalho sobre o uso do canal de 3.8 μm de imagens NOAA-6 para identificar anomalias termais, como áreas vulcânicas e fogo ativo na vegetação. O resultado desta pesquisa foi muito importante para o desenvolvimento de algoritmos de fogo ativo.

No Brasil, a temática do fogo começou a ganhar destaque na mesma década, quando pesquisadores da NASA e do INPE fizeram análise da qualidade do ar na Amazônia e descobriram poluentes na atmosfera derivados das atividades agrícolas durante sobrevoos para coleta de amostras (ANDREA et al., 1988). Em resposta a esta publicação, o INPE iniciou o projeto "IBDF-INPE SEQE - ano 1987" com o objetivo de implantar um sistema de detecção de queimadas no Brasil com imagens de satélite NOAA (SETZER e PEREIRA, 1988). O projeto concluiu que ocorreram emissões causadas pela queima de biomassa para a poluição atmosférica do Hemisfério Sul e do Planeta em 1987 e recomendou autuação aos infratores, preparo de legislação²⁴ abrangente e início imediato de uma campanha.

Em 1998, ocorre o grande incêndio em Roraima, de persistência de 5 meses que foi duramente criticado, a exemplo dos registrados na publicação *Roraima: os paradoxos de um grande incêndio ao fim do milênio* de Ab'Sáber (1998). Neste mesmo ano é lançado o Programa de Prevenção e Controle às Queimadas e aos Incêndios Florestais na Amazônia Legal - Proarco, criado pelo Decreto no. 2.662, de 08 de julho de 1998 (BRASIL, 1998). O Proarco foi fundamental para modelar o monitoramento ambiental da Amazônia, por meio de deslocamento de recursos para sistematizar informações e dados de queimadas

²⁴ Provavelmente este estudo deve ter oferecido aporte e instruções para a publicação do Decreto 97.635 de 1989.

existentes até hoje e divulgados pelo Programa Queimadas do INPE em <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>>²⁵.

Do Proarco aos dias atuais, a crescente demanda ao SIG e ao sensoriamento remoto é compreendida para viabilizar as políticas de controle e redução de desmatamento e queimadas em contraste com o tamanho do Brasil, peculiaridades regionais e custos ao cofre público. Inúmeros procedimentos destas técnicas já estão incorporados na gestão pública, sendo os principais dados utilizados no âmbito das queimadas os fogos ativos (ou focos de queimadas de vegetação ou focos de calor ou *hotspots*) e a área queimada.

Os fogos ativos são pontos que representam *pixels* que contenham uma ou mais labaredas no exato momento da passagem do satélite (GIGLIO et al., 2016). O INPE e a NASA disponibilizam bancos de dados de fogo ativo, atualizados a cada 3 horas, através do portal BD Queimadas <<http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>>²⁶ e FIRMS NASA <<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>>²⁷. Atualmente é o dado mais utilizado no Brasil para deslocar recursos de combate, avaliar o avanço diário da linha de fogo, auxiliar na formação do nexos causal para laudos processuais de autos de infração e quantificar a energia emitida. Limitações deste tipo de produto, entretanto, são conhecidas: erros de omissão e comissão, baixa resolução espacial e impossibilidade de estimar a superfície atingida por fogo (QU et al., 2008). Do banco de dados do INPE existem 17 produtos de fogo ativo (GIGLIO et al., 2000; SETZER e YOSHIDA, 2004; SETZER et al., 2013; SCHROEDER et al., 2014; GIGLIO et al., 2016)²⁸, sendo que 3 tem algoritmos oriundos da Universidade de Maryland e da Nasa - AQUA, TERRA e VIIRS - e também são disponibilizados pelo site FIRMS. Informações produtos na **Tabela 2**.

25 Acesso em 23 set. 2019.

26 Acesso em 23 set. 2019.

27 Acesso em 23 set. 2019.

28 Informações sobre os algoritmos dos produtos foram informadas pelo Dr. Alberto Setzer (coordenador do Programa Queimadas do INPE) e pelo Paulo Victorino (especialista em Geoprocessamento do Programa Queimadas do INPE), por e-mail, nas datas de 3 e 5 de junho de 2019.

Tabela 2- Produtos de foco de queimada de vegetação disponibilizados pelo INPE e pelo FIRMS Nasa (em vermelho) entre 2008 e 2017

Produto	Algoritmo	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
AQUA	GIGLIO et al., 2016	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ATSR	GIGLIO et al., 2000			x	x						
GOES-10	SETZER e YOSHIDA, 2004	x	x		x						
GOES-12	SETZER e YOSHIDA, 2004		x	x	x	x					
GOES-13	SETZER e YOSHIDA, 2004				x	x	x	x	x	x	x
GOES-16	SETZER e YOSHIDA, 2004				x						x
METOP-B	SETZER et al., 2013				x						x
MSG-02	SETZER e YOSHIDA, 2004		x	x	x	x					
MSG-03	SETZER e YOSHIDA, 2004				x		x	x	x	x	x
NOAA-15	SETZER et al., 2013	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
NOAA-16	SETZER et al., 2013	x	x	x	x	x	x				
NOAA-17	SETZER et al., 2013	x	x	x	x						
NOAA-18	SETZER et al., 2013	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
NOAA-19	SETZER et al., 2013			x	x	x	x	x	x	x	x
NPP-375	SCHROEDER et al., 2014				x	x	x	x	x	x	x
TERRA	GIGLIO et al., 2016	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TRMM	GIGLIO et al., 2000	x	x	x	x	x	x				

[Fonte: Elaborado pela autora, 2019]

Já produtos de área queimada, isto é, que delimitam a superfície atingida pelo fogo, de alta resolução espacial e que recobrem todo o território brasileiro, ainda são inexistentes, possivelmente pela complexidade operacional que satisfaça as heterogeneidades ecossistêmicas. 4 produtos são conhecidos, divulgados e disponíveis para o Brasil: O AQ30m (MELCHIORI, 2014), o AQM MODIS (LIBONATI et al., 2015), o MCD64 (GIGLIO, et al., 2016) e o Fire CCI (CHUVIECO et al., 2018). Conforme **Tabela 3**, Os dois primeiros produtos são produzidos e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); os dois últimos, respectivamente, pela Universidade de Maryland (UMD) e pela Agência Espacial Européia (ESA). Todos possuem particularidades positivas e negativas

quanto ao uso, entretanto, nas análises locais, onde ocorrem diversos tipos de uso a principal premissa é o uso de um dado com alta ou média resolução espacial, a fim da redução de incertezas oriundas de erros de mapeamento.

Tabela 3- Produtos operacionais com mapeamento no território brasileiro

Produto	Origem	Escala de mapeamento	Resolução espacial	Resolução temporal	Disponibilidade do produto na área no período de estudo
AQM Modis v1	INPE (LIBONATI et al., 2015)	Continental (América do Sul)	1 km	diário, porém o produto é liberado a partir de compósitos mensais	x (se solicitado ao INPE ou aos autores, com a observação que o produto precisa ser validado para utilização)
AQ30m	INPE (MELCHIORI et al., 2014)	Regional (Cerrado)	30 m	16 dias (o mapeamento pode compreender até 64 dias, conforme % de cobertura de nuvem aceitável pelo algoritmo)	x (com deficiência de dado em alguns meses e no ano de 2012)
FireCCI 5.1	ESA (CHUVIECO et al., 2018) Univ. de Maryland	Global	250 m	diário	x
MCD64 c6	(GIGLIO, et al., 2016)	Global	500 m	diário	x

[Fonte: Elaborado pela autora, 2019]

Ainda que cada produto apresente restrições, ambos são cruciais para delimitar o regime de queima e caracterizar a degradação causada pelo fogo em um curto espaço de tempo. Isto só foi possível em decorrência da evolução dos usos do SIG e do sensoriamento remoto para o estudo das queimadas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos desta pesquisa foram do tipo mista, com uso e abordagem de técnicas qualitativas e quantitativas. Foram utilizados os programas *QGIS* e *RStudio* e scripts em *Python* para produção e análise de dados e para gerar e obter informações temporais e espacializadas da área de estudo. Esta foi a forma exequível dos procedimentos, impossíveis de realizar *in loco*, no tempo de mestrado, em consonância ao tamanho da área, à necessidade de autorização de pesquisa (FUNAI, 2019a), ao período de estudo e aos custos para sistematizar os procedimentos em campo.

Todos os dados georreferenciados foram reprojeto para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) e armazenados em banco de dados. A acurácia dos produtos também foi investigada em periódicos ou em avaliação visual. Em complementar, para as análises, investigou-se documentos no Prevfogo Sede e no Prevfogo Tocantins, houve leitura da legislação pertinente e buscou-se *papers* nas plataformas *Scencedirect*, *Google Scholar*, *Web of Science* e *Biblioteca digital de teses e dissertações*. Estes procedimentos foram conexos com as seguintes premissas:

- a) Os dados devem estar disponíveis para acesso público e com a metodologia publicada. Caso negativo, foi necessário solicitar a autorização de acesso e publicação ao pesquisador ou instituição responsável;
- b) Os erros de comissão e omissão devem ser baixos, considerando estudos de validação do produto ou da avaliação visual;
- c) As áreas mapeadas devem abranger a área no espaço e tempo;
- d) A resolução espacial é, preferencialmente, alta ou média, em razão da escala local do estudo e, por fim,
- e) Para criação de gráficos e tabelas, os programas *Libre Office* e *Google Spreadsheet* devem ser utilizados ocasionalmente.

Com estas atendidas, a metodologia compreendeu a descrição das principais técnicas do trabalho, detalhamento da área de estudo, a descrição do período de pesquisa, informações dos dados utilizados e explanação das técnicas e das análises com vistas a atender os objetivos da dissertação. Esquematização da metodologia na **Figura 6**.

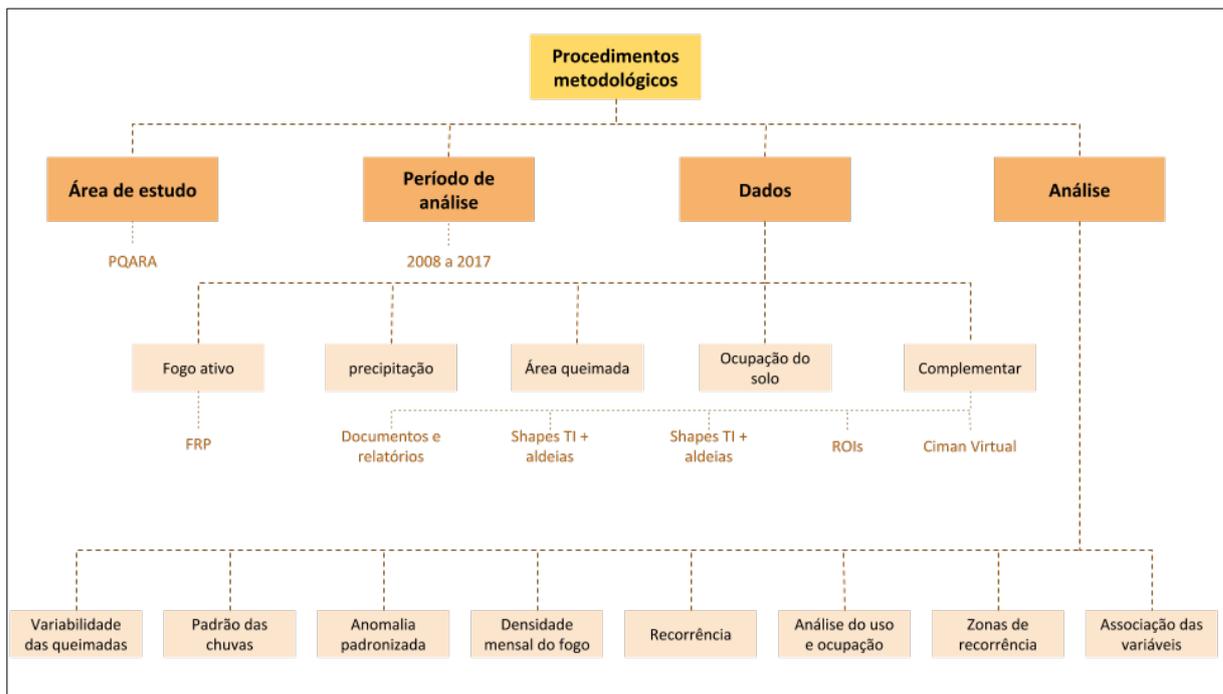


Figura 6 - Esquema-resumo dos procedimentos metodológicos
[Elaborado pela autora, 2019]

3.1 A área de estudo: terra indígena Parque do Araguaia

O art. 231 da Constituição Federal de 1988 do Brasil compreende as terras indígenas como territórios tradicionalmente e permanentemente ocupados pelos indígenas, imprescindíveis para manifestação e reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições (BRASIL, 1988). Oliveira e Iglesias (2001) suscitam que demarcar uma terra indígena é um processo valioso, no qual o país desvenda com clareza seu projeto político em relação aos povos indígenas e se ratifica como o protetor destas áreas. Para isto,

é função do Estado brasileiro identificar, reconhecer, demarcar e homologar, no intuito de proteger e respeitar todas e quaisquer manifestações dos povos indígenas (RICARDO, 2004).

No Brasil existem 609 terras indígenas delimitadas, sendo ~76% destas áreas com o processo de regularização fundiária finalizados e os ~24% restantes com o processo demarcatório em andamento: ou na fase em estudo ou com o relatório técnico finalizado ou delimitada ou declarada ou homologada (FUNAI, 2019b). Do total, 102 (16%) estão inseridas totalmente ou parcialmente no bioma Cerrado, ecossistema que o avanço da fronteira agrícola próximos e dentro dos territórios indígenas se tornou uma condicionante, cunhado pela violação aos direitos humanos, desrespeito ao processo demarcatório e degradação florestal (WELCH et al., 2013; CELENTANO et al., 2017). Um dos principais agentes de degradação destas terras são as queimadas, tendo como relevo e destaque as ocorrências na terra indígena Parque do Araguaia.

A terra indígena Parque do Araguaia (PQARA) ou Parque Indígena do Araguaia ou TI Parque do Araguaia, tem superfície de área de aproximadamente 13000 km², foi homologada em 1998 e está localizada na Ilha do Bananal, na esfera administrativa do Tocantins e no contexto do Cerrado e da Amazônia Legal. No sentido ecossistêmico, o PQARA é um ecótono dos biomas Cerrado e Amazônia, com fitofisionomias campestres, savânicas, pantanosas e florestais e com diversidade e paisagens únicas (VALENTE et al., 2013) que se distinguem das demais fitofisionomias que caracterizam estes Biomas (apesar da ocorrência de espécies do Cerrado e da Amazônia). A terra está inserida na maior ilha fluvial do mundo, a Ilha do Bananal, cortada pelos rios Javaés e Araguaia, que alagam a ilha entre janeiro e maio (GUSMÃO et al., 2012). Localização da terra está disposta na **Figura 7**.

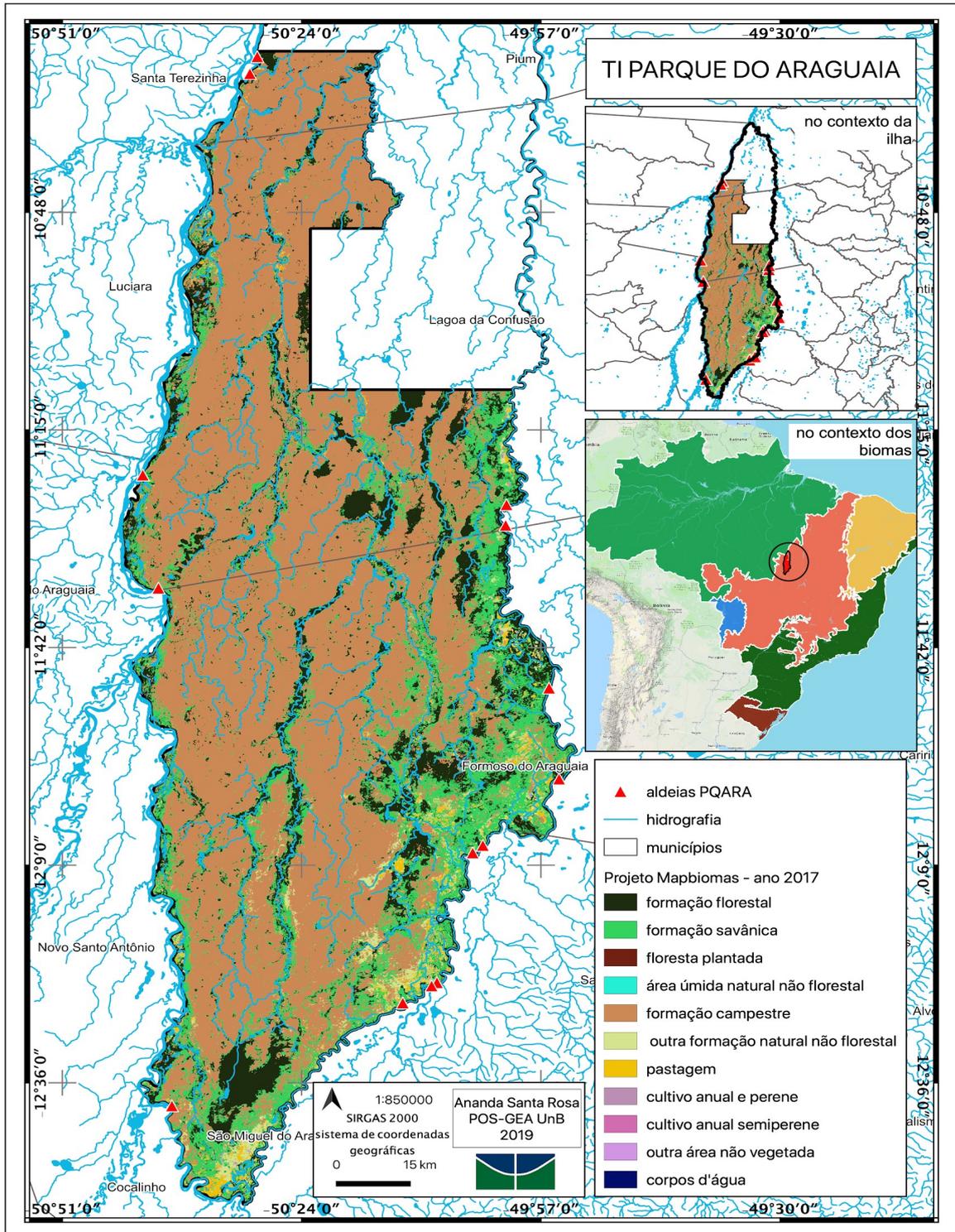


Figura 7- Detalhe e localização do Parque Indígena do Araguaia
 [Fonte: Elaboração da autora, 2019. Fonte dos dados: IBGE, projeto MapBiomas e Funai]

Segundo o ISA (2019), ~3500 pessoas vivem dentro da terra divididas em sua maioria entre os povos Avá Canoeiro, Javaé, Karajá e o povo isolado Cara Preta²⁹. O povo Karajá fica majoritariamente na porção oeste e o povo Javaé na porção leste do PQARA. Os povos se mantêm do artesanato, do manejo do gado, da pesca e da plantação de pequenas culturas, como da mandioca e da banana. A degradação da TI advém majoritariamente de invasores, pescadores e caçadores ilegais que são responsáveis pelos incêndios.

Devido o histórico de sinistros, o Ibama considera o PQARA Araguaia como um dos territórios atendidos pelo PBRIF, com mais de 230 contratos realizados entre 2013 e 2017, sendo a maioria com indígenas residentes na TI (**Tabela 4**).

Tabela 4- Total de contratados pelo PBRIF no PI do Araguaia entre 2013 e 2017

Ano	Total de brigadistas contratados
2013	29
2014	44
2015	58
2016	50
2017	50
TOTAL	231

[Fonte: Elaborado pela autora com aporte de dados do Prevfogo/Ibama, 2019]

3.2 O período de análise

A pesquisa compreendeu 10 anos de análise, 2008 a 2017, conforme **Figura 8**: 5 anos antes da implementação do Programa (2008 a 2012) e 5 anos durante o Programa (2013 a 2017).

²⁹ Denominação regional do povo isolado que vive dentro da Terra. Informações adicionais: <<http://www.mpf.mp.br/to/sala-de-imprensa/docs/document27.pdf>> Acesso em 31 Out. 2019.

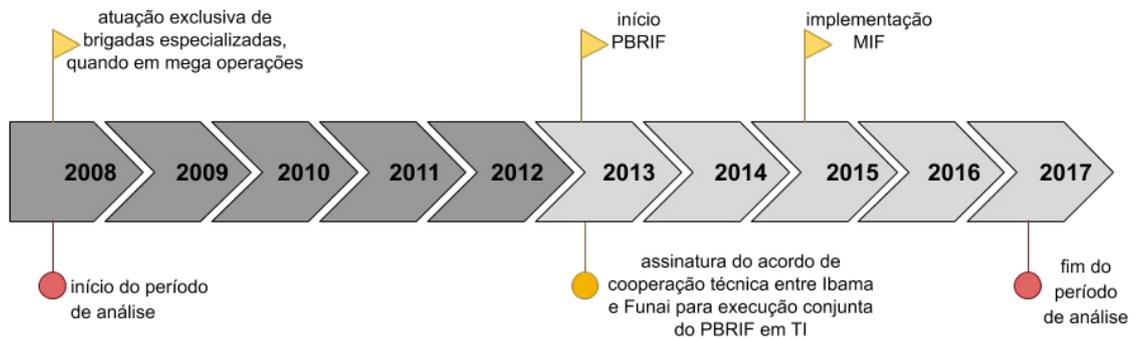


Figura 8- Linha do tempo da pesquisa
[Elaboração da autora, 2019]

3.3 Base de dados

3.3.1 Fogo ativo e potência radiativa do fogo

Foram utilizados os produtos MOD14 (satélite TERRA) e MYD14 (satélite AQUA) do sensor Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer - MODIS, coleção 06 disponibilizados pelo *Fire Information for Resource Management System* (FIRMS - NASA) em <<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>³⁰. Os fogos ativos detectam a ocorrência de chamas, a partir da temperatura de brilho das faixas de 4 μ m, 11 μ m e 12 μ m e dos valores de reflectância das faixas 0.65 μ m, 0.86 μ m e 2.1 μ m do canal de 1km MODIS (GIGLIO et al., 2016). Como regra geral, a identificação ocorre quando o fogo atinge uma fração de *pixel* maior ou igual a 0.01% - (100 m²) e a temperatura de brilho está, em média, de 800K. Fatos isolados podem ocorrer para detectar áreas menores, como nas atividades de validação de Tomzhinski et al. (2011), que foi detectada uma área de 30m², e no manual do produto que relata a ocorrência de área de 50m² (GIGLIO et al., 2018). Apesar das possibilidades, são fatos raros e em condições apropriadas, como em queimadas controladas para experimentos científicos.

³⁰ Acesso em 18 Jun. 2019.

Os produtos MOD14 e MYD14 são disponibilizados no formato *shapefile* e compreendem também as coordenadas (latitude e longitude) e valores da temperatura de brilho e da potência radiativa do fogo - ou *fire radiative power* (FRP). A FRP, dada em mW, proposta por Kaufman et al. (1996) e aproveitada nas análises deste estudo, é compreendida como a taxa de energia da radiação eletromagnética emitida durante a combustão (GIGLIO et al., 2016). A potência tem relação direta com a quantidade de biomassa queimada (CARDOZO et al., 2015) e os valores das taxas calculadas podem ser variáveis e ter erros de até 50% (VERMOTE et al., 2009; MATAVELI et al., 2017), em razão das condições ambientais e do ângulo de visada (BOSCHETTI e ROY, 2009; BATISTA, 2017). Apesar disto, em nível de estudos com técnicas de geotecnologias, a FRP é o método mais utilizado para estimar biomassa queimada (MATAVELI et al., 2017), devido à contribuição para interpretar a magnitude do fogo, especificamente a intensidade, em relação ao tipo de vegetação afetada e ao período do sinistro.

3.3.2 Precipitação

Os dados de precipitação diária, obtidos no portal GES DISC <<https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm>>³¹, são da coleção 7 do produto 3B42 Daily do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). O satélite foi lançado em 1997, tem resolução espacial de 0.25° x 0.25°, possui 5 sensores (sendo que 4 deles são para coleta de informações de precipitação) e tem dados operacionais desde o dia 01 de janeiro de 1998 (OLIVEIRA SERRÃO et al., 2016; TIAN et al., 2007). Atualmente dados oriundos do TRMM compõem o maior banco de dados sobre a hidrometeorologia e meteorologia global (LIU et al., 2012), sendo amplamente utilizados para avaliações meteorológicas e balanços de chuvas, na ausência de dados observados qualificados, como ocorreu para o PQARA³². Na

31 Acesso em 15 de setembro de 2019.

32 A primeira estratégia foi trabalhar com dados observados, a partir da coleta de informações de estações meteorológicas cadastradas no banco da ANA e no banco do INMET próximas e inseridas ao Parque Indígena do Araguaia. Os dados de todas as estações, entretanto, apresentaram falha na série histórica. Optou-se como segunda estratégia a resolução temporal contínua dos dados com informação satelital do TRMM à produzir interpolações dos dados observados com deficiência de informação.

validação dos dados para a região norte brasileira, contexto regional o qual a área de estudo está inserida, o resultado foi bastante satisfatório, especialmente no período de estiagem (PEREIRA et al., 2012).

3.3.3 Área queimada

O produto de área queimada utilizado neste trabalho foi produzido pelo Centro de Monitoramento Ambiental e de Manejo do Fogo (CEMAF) da Universidade Federal do Tocantins (UFT). O Centro produziu dado de superfície atingida pelo fogo dos anos de 2000 a 2017, para o estado do Tocantins, a partir da delimitação visual de polígonos de queimadas em imagens Resourcesat - resolução espacial de 23,5 m - e em imagens oriundas dos satélites Landsat 5 e 8 - ambos de resolução de 30m. O delineamento das cicatrizes foi efetuado por interpretadores previamente treinados e a qualificação dos dados foi realizada por revisores encarregados de avaliar, auditar possíveis erros de comissão e omissão das interpretações e armazenar em banco de dados apropriado.

A metodologia para gerar as cicatrizes compreendeu a estimativa do total de área afetada por fogo em 2 imagens anuais: a primeira e a última do período de estiagem com baixa ou nenhuma taxa de nuvem. Caso a quantidade de nuvem fosse superior ao esperado, para o período estipulado, esta regra foi adaptada para compreender imagens anterior e/ou posterior ao período de estiagem. Nessa perspectiva, o dado pode apresentar omissão de queimadas, em particular dos meses da estação chuvosa, entre janeiro e abril, quando a TI está alagada, e entre outubro e dezembro, início do segundo período anual de chuvas que corrobora com o aumento de nebulosidade nas imagens.

Os dados não estão disponíveis para *download*, sendo necessária a solicitação ao Centro³³; todavia, estes já foram utilizados em publicações de Pinheiro e Giongo (2018), Carvalho et al. (2017) e Correa (2017).

³³ No primeiro momento, desejou-se utilizar os dados públicos do INPE, oriundos do produto AQ30m <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq30m/>>. Devido o resultado da avaliação visual, que foram localizados muitos erros de omissão para o PQARA, optou-se em descontinuar o uso e utilizar o produto do CEMAF/UFT que apresenta melhor acurácia.

3.3.4 Vegetação e uso e ocupação do solo

Foram empregados mapas do Projeto MapBiomas, coleção 4, resolução de 30m e fornecidos no formato raster <<http://mapbiomas.org/>>, que compreende dados de uso e ocupação de todo o território brasileiro. O Mapbiomas é uma iniciativa multi-institucional liderada por ONGs, universidades e empresas privadas para realizar o mapeamento anual do uso da terra e da cobertura florestal por meio de classificação automática *pixel a pixel* e de técnicas de *machine learning* em imagens dos satélites Landsat 05, 07 e 08. O produto classifica o território brasileiro em 33 classes, sendo a vegetação nativa dividida nas classes de formação florestal, formação savânica, formação campestre e mangue (este último não se aplica ao PQARA).

3.3.5 Base complementar

Adicionalmente foram utilizadas informações dos relatórios de ocorrência (ROIs) do Ibama cadastrados no SISFOGO e localizados na Coordenação Estadual do Prevfogo/TO, *shapefiles* de terras indígenas e aldeias do GeoServer da Funai³⁴, documentos e relatórios internos do Prevfogo/Ibama sede e do Prevfogo/Ibama/Tocantins e registro de operações na Plataforma Ciman Virtual.

34 Disponível em <<http://www.funai.gov.br/index.php/geoserver>> Acesso em 12 abri. 2019.

3.4 Análise

3.4.1 Variabilidade das queimadas

Os dados de área queimada foram revisados, recalculados em km² e filtrados para aceitar superfícies maiores que 0.01 km². Valores inferiores a isto foram considerados como resíduos de recortes³⁵ e por isto descartados para não afetar a contagem de áreas afetadas pelo fogo. Em relação à 2012, que foi considerada imagens Resourcesat para quantificar a área queimada, as cicatrizes foram re amostradas para 30m com a finalidade de ter igual escala espacial dos demais anos que foram considerados imagens Landsat.

Posterior a organização dos dados, com a finalidade de identificar a variabilidade interanual e intra-anual de superfície atingida por fogo, calculou-se para cada ano os seguintes quantitativos: total de área queimada, total de cicatrizes, valor máximo, média, desvio padrão e variância.

3.4.2 Padrão das Chuvas

Para cada ano do período foram considerados os valores médio, mínimo e máximo, bem como os totais de dias com chuva, de dias secos e de dias consecutivos sem chuva e períodos anuais dos períodos consecutivos sem chuva.

Um dia seco para este estudo possui registro diário total de precipitação inferior a 3 mm. Usualmente, na literatura, considera-se este tipo de classificação com valor igual a 0 mm (FRANCA, 2009) ou até 1 mm (MINUZZI et al., 2006); todavia, para o cálculo de períodos de dias consecutivos sem chuva, foi observado que quando considerado igual a 0 mm ou até 1mm, a série foi fragmentada por valores muito baixos que não estabilizam o estresse hídrico da vegetação ou interrompe queimadas (especialmente de sub-bosques). Superior a 3 mm de precipitação geralmente ocorria chuvas contínuas na série, mesmo que de baixa

³⁵ Os polígonos foram disponibilizados por órbita ponto. Foi necessário recortar para a escala da TI Parque do Araguaia.

pluviosidade, todavia capazes de atingir camadas superiores do solo e influenciar a umidade relativa do ar.

Os períodos de dias consecutivos sem chuva foram organizados a partir de 3 dias secos consecutivos, como também considera Assad e Sano (1988) e Minuzzi et al. (2006). Para cada um, em cada ano, foram contabilizados o total de dias e dispostos de forma decrescente para receber a denominação Est₁, Est₂, Est₃, Est₄....Est_n. O Est₁, o maior período de dias consecutivos sem chuva de cada ano, foi assinalado como o período de estiagem anual.

3.4.3 Anomalia padronizada do fogo e da precipitação

Entre anos foi considerada a análise de Anomalia (Z) da área queimada e da chuva, que é explicada pela **Fórmula 1**:

$$Z = \frac{X - \bar{x}}{\sigma} \quad (1)$$

Sendo que o total de área queimada no ano, \bar{x} a média da série e σ o desvio padrão da série.

Valores maiores (menores) que zero são anomalias normalizadas positivas (negativas) em relação a média. Para as chuvas também foi avaliado valores extremos, fora do padrão, como superiores a 1 e inferiores a -1.

3.4.4 Densidade mensal do fogo

A distribuição e espacialização dos fogos ativos foi realizada com a estratificação da área por uma grade regular de 1km por 1km. As células com foco(s) localizado(s) no interior de cada uma delas, independente da quantidade, foram contabilizadas e as demais, sem relação com fogo ativo, descartadas. Os dados foram organizados por acumulados mensais

de todo o período do estudo e dispostos espacialmente para avaliação da distribuição conforme área de abrangência da TI. Exemplo da estratificação na **Figura 9**.

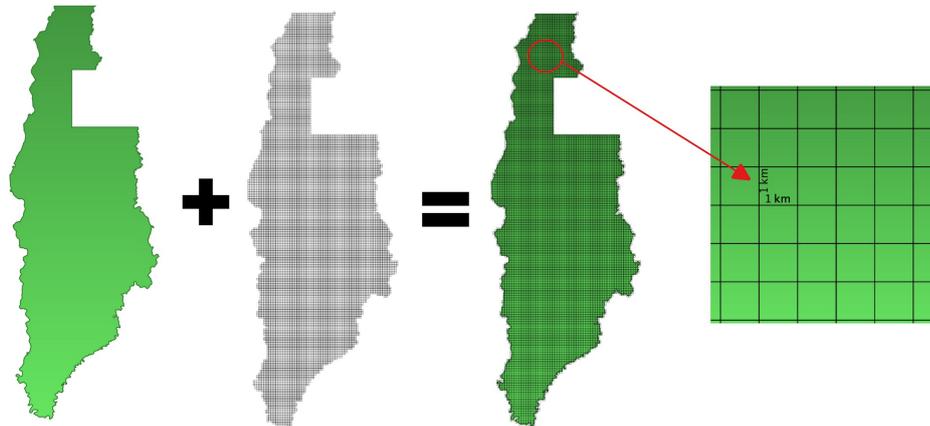


Figura 9- Estratificação da área por uma grade regular de 1km x 1km
[Elaboração da autora, 2019]

3.4.5 Intensidade do fogo

A magnitude do fogo em relação a energia emitida foi observada com os valores anuais das médias, das variâncias e das medianas e com os valores mensais mínimos, máximos e médios da FRP. Os valores também foram relacionados com o mapa anual da série temporal do Projeto MapBiomass para compreender a energia emitida por cada classe. Para isto, foi necessário reamostrar o mapa anual para 1 km, mesma escala espacial dos fogos ativos (de onde se originam os valores de FRP) pelo método de interpolação dos *pixels* majoritários. Posterior a esta etapa, foram calculadas as médias anuais para cada tipo de vegetação e uso.

3.4.6 Recorrência das queimadas

A requeima para um mesmo lugar foi detectada por meio do somatório da sobreposição da área queimada da série. Neste sentido, o vetor anual de área queimada foi

transformado em *raster*, com classificação dos *pixels* em 0 e 1; sendo 0 *pixels* sem relação com área queimada e 1 *pixels* de área queimada.

Os *rasters* foram somados de 3 formas: do período total (2008 a 2017), do período antes da PBRIF (2008 a 2012) e do período durante a PBRIF (2013 a 2017). O resultado foi organizado conforme a **Tabela 5**.

Tabela 5- Classificação da recorrência de área queimada

Classificação	Valor do somatório dos rasters para o período de 5 anos (antes PBRIF - 2008 a 2012 - e durante PBRIF - 2013 a 2017)	Valor do somatório dos rasters para o período de 10 anos (toda a série - 2008 a 2017)
recorrência nula	até 1	até 1
2 anos	2	2
3 anos	3	3
4 anos	4	4
5 anos	5	5
6 anos	-	6
7 anos	-	7
8 anos	-	8
9 anos	-	9
10 anos	-	10

[Elaboração da autora, 2019]

Para cada classe, de cada período, também foi calculado o total de *pixels* correspondentes e, por consequência, total de área³⁶ que a abrange em relação ao total da superfície do Parque Indígena do Araguaia e em relação ao total de área de cada tipo de vegetação. A investigação da localização geográfica das classes também foi considerada, especialmente das recorrências acima de 7 anos.

3.4.7 Análise do mapa de uso e ocupação

A relação entre fogo e tipo de ocupação do PQARA foi elaborada, primariamente, com a investigação interanual do total percentual anual das classes, por meio da contagem

³⁶ Para cálculo de área com o total de *pixels* foi considerado o tamanho do *pixel* como de 30m x 30m; portanto, de área igual a 0,0009 km².

de *pixels* de cada, para evidenciar a variabilidade da distribuição da vegetação e dos usos antes e durante o PBRIF e para toda a série. Em segundo foi considerada a descrição anual da vegetação e do uso com o fogo em relação ao total de área da TI e ao total de área anual de cada classe.

3.4.8 Zonas de recorrência por tipo de vegetação

A partir dos dados de recorrência e do mapa de vegetação foram espacializadas zonas de fogo do PQARA com a finalidade de identificar as áreas mais vulneráveis, com maior risco de propagação e com necessidade emergencial de proteção. Neste sentido, foi considerada a recorrência de 10 anos reagrupada em 4 classes - sem recorrência, baixa recorrência, moderada recorrência e elevada recorrência - e as classes de vegetação do Projeto MapBiomas organizadas em propensas (formações savânicas + campestres) e sensíveis (formações florestais). O detalhamento das recorrências está na **Tabela 6**.

Tabela 6- Reagrupamento das classes de recorrência

Classe	Classificação dos pixels	Quantidade de anos
sem recorrência	0 e 1	até 1 ano
baixa recorrência	2 a 6	de 2 a 6 anos
moderada recorrência	7 e 8	7 e 8 anos
elevada recorrência	9 e 10	9 e 10 anos

[Elaboração da autora, 2019]

As zonas foram divididas em 8 categorias, de acordo com o tipo de recorrência e o tipo de vegetação, pormenorizada na **Tabela 7**.

Tabela 7- Zonas de fogo em relação à paisagem

Zona de fogo	Paisagem
sem recorrência em vegetação propensa	sem recorrência + vegetação propensa
baixa recorrência em vegetação propensa	baixa recorrência + vegetação propensa
Moderada recorrência em vegetação propensa	moderada recorrência + vegetação propensa
elevada recorrência em vegetação propensa	alta recorrência + vegetação propensa
sem impacto de fogo em floresta	sem recorrência + vegetação sensível
floresta sensibilizada pelo fogo	baixa recorrência + vegetação sensível
floresta vulnerável ao fogo	moderada recorrência + vegetação sensível
floresta em alto risco de degradação pelo fogo	alta recorrência + vegetação sensível

[Elaboração da autora, 2019]

Para cada zona também foi considerada a contagem de *pixels* e área em relação ao tipo de vegetação.

3.4.9 Associação entre os dados de chuva e queimadas

O estudo da relação entre as variáveis - total de dias consecutivos do maior período de estiagem anual, total de dias sem chuva, chuva acumulada (mm), área queimada (km²), total de focos e total de focos para cada período de estiagem - foi depreendida por meio dos coeficientes de correlação (r) e determinação (r^2). O r dá o grau de relação entre a variável dependente (y) e a variável independente (x) e r^2 afere o quanto a variável dependente (y) é explicada pela variável independente. Os valores de r podem variar de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 (-1), mais forte a relação linear direta (inversa) entre as variáveis. Para o r^2 o coeficiente varia de 0 a 1, achando-se mais forte a determinação entre as variáveis quando próximo de 1. Os valores resultantes dos coeficientes de correlação e determinação foram agrupados em categorias para melhor interpretação, conforme **Tabela 8**.

Tabela 8- Categorias dos coeficientes de correlação e determinação

Valores de r	Valores de r ²	Categoria
0 a (-)0.4	0 a 0.4	baixa
(-)0.41 a (-)0.5	0.41 a 0.5	baixa-moderada
(-)0.51 a (-)0.7	0.51 a 0.7	moderada-alta
(-)0.71 a (-)0.79	0.71 a 0.79	alta
(-)0.8 a (-)1	0.8 a 1	elevada

[Elaborado pela autora, 2019]

Posterior a análise dos coeficientes, foram efetuadas regressões múltiplas para aferir modelos com a intenção descrever a relação entre as variáveis explicativas que obtiveram resposta significativa na correlação com fogo ativo e com área queimada. Suplementar, realizou-se os testes de significância (p value) para as correlações, considerando a hipótese nula (H_0) - o resultado estatístico foi obtido sem um efeito que cause o resultado - e a hipótese alternativa (H_A) - existência de uma real similaridade entre as variáveis e que, portanto, a correlação é significativa. Normalmente, o limiar do valor de probabilidade abaixo do qual a hipótese nula é rejeitada é 5% ($p < 0,05$). Desta forma, se a probabilidade do evento foi menor que 5%, rejeitou-se a hipótese nula; quando a probabilidade foi maior que 5%, a hipótese nula não foi rejeitada. O cálculo da estatística F também foi necessário para testar globalmente os modelos resultantes. A estatística F tem distribuição F de *Fisher-Snedecor* com $k-1$ e $n-k$ graus de liberdade, onde k é o número de grupos e n é o número de observações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O regime espacial intra anual e interanual das queimadas

Geralmente as queimadas mais significativas, isto é, com a maior detecção de fogos ativos, são iniciadas em abril e maio; em junho estas são mais evidentes na porção central e norte; em julho na parte central da TI; em agosto as queimadas tomam parte da porção sul, se espalham em toda a área Karajá (porção oeste da TI) e se concentram na parte norte; em setembro as queimadas reduzem na parte norte, têm maior proporção na parte sul e na área Javaé (porção leste da TI); em outubro estas são atenuadas e ficam concentradas apenas na parte sul Javaé; por fim, nos últimos 2 meses do ano as detecções são localizadas na parte Javaé, porém em menor densidade em relação aos meses de estiagem, como é ilustrado na **Figura 10**.

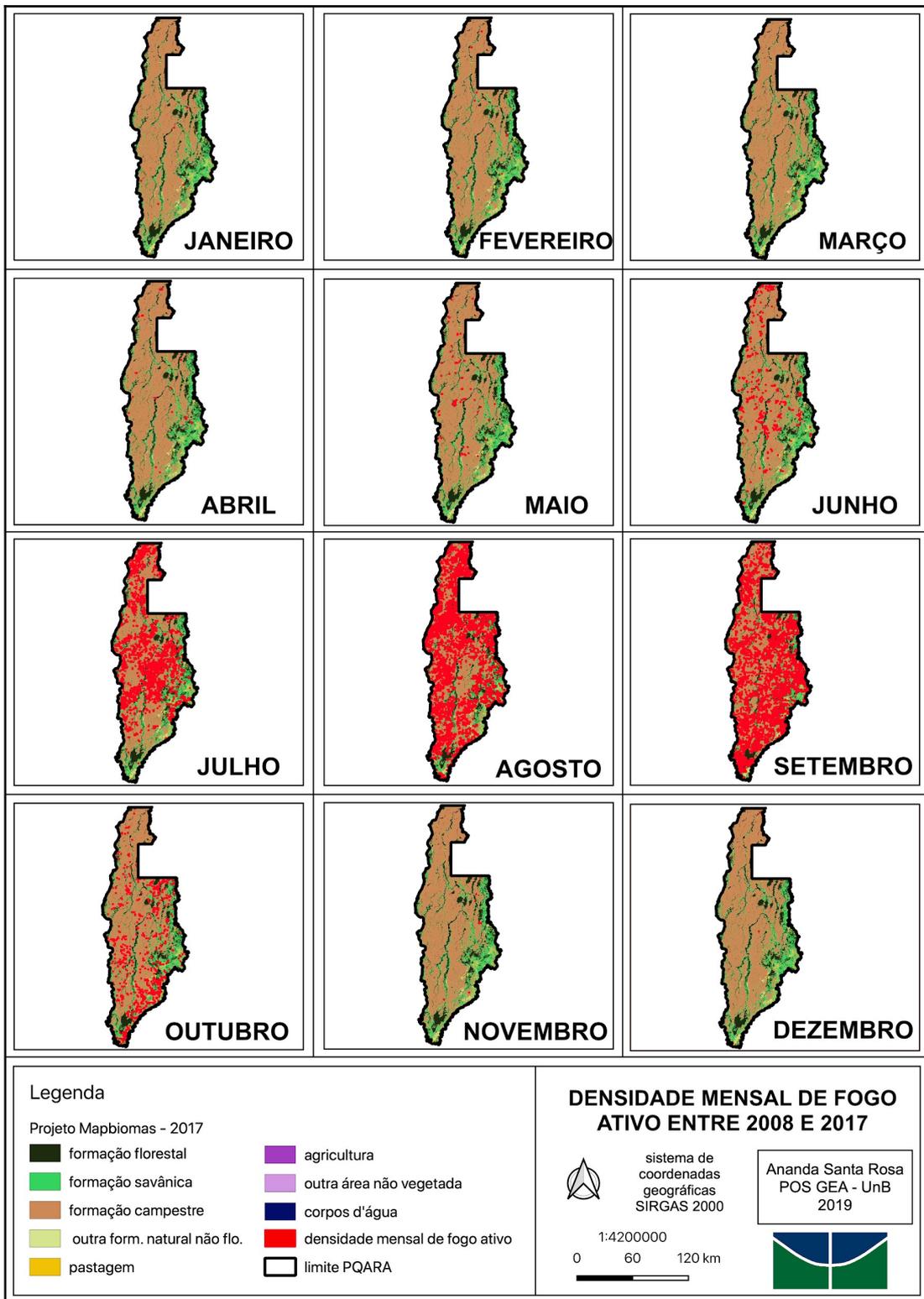


Figura 10- Densidade mensal de fogo ativo a cada 1km² da terra entre 2008 e 2017
[Elaboração da autora, 2019. Fonte dos dados: FIRMS/NASA e Projeto MapBiomas]

Inter anualmente o tamanho das área atingidas e a fragmentação da paisagem pelo fogo não tem um padrão, tanto em anos sem atuação pontual das brigadas quanto em anos com implementação do Programa. Consoante a isto, a variância e o desvio padrão do tamanho das cicatrizes foram bastante elevados, o que indica uma alta heterogeneidade do tamanho das áreas afetadas, possivelmente pelas condições ambientais que variam no espaço e tempo para todo o PQARA, mesmo intra anualmente (**Tabela 9** e **Figura 11**).

Tabela 9- Descrição anual das áreas queimadas da TI Parque do Araguaia

Ano	Total (km ²)	Total cicatrizes (km ²)	Valor mínimo (km ²)	Valor máximo (km ²)	Média (km ²)	Desvio padrão (km ²)	Variância (km ²)
2008	7272.9	111	0.1	2507.7	65.5	319.2	101907
2009	1152.3	172	0.1	134.6	6.7	15.5	239
2010	11057.5	34	0.1	10754.3	325.2	1815.8	3297201.1
2011	1192.5	128	0.1	299.3	9.3	39.7	1573.7
2012	4071.9	226	0.1	2408.4	18	160.9	25882.9
2013	2818.7	106	0.1	744.4	26.6	99.6	9926.5
2014	3579.3	236	0.1	1115.6	15.2	88.2	7785.7
2015	5243.6	113	0.1	1220.4	46.4	166.3	27658.8
2016	5977.7	155	0.1	3262.4	38.6	271.8	73889.5
2017	8349.2	204	0.1	4241.7	40.9	331.6	109977.9

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT]

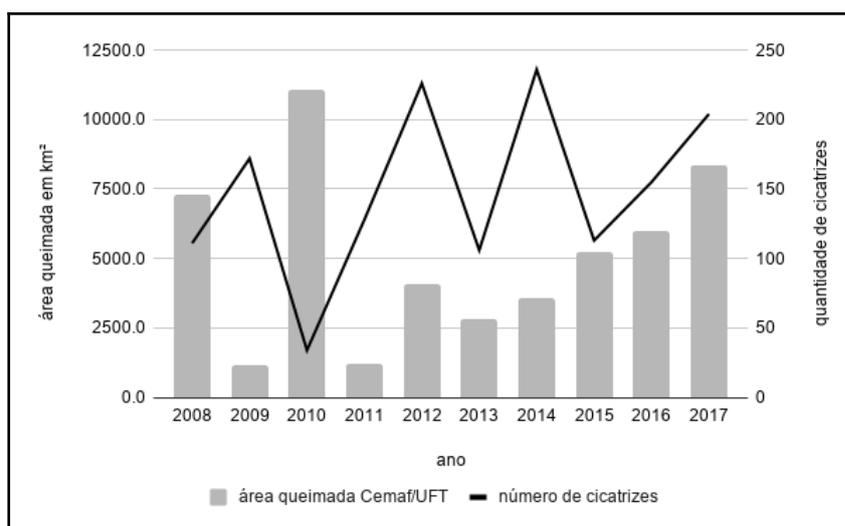


Figura 11 - Gráfico dos valores de área queimada e do total de cicatrizes

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT]

O menor e o maior valor total de área queimada anual foi no período sem PBRIF. Respectivamente: 2009 - com total de superfície atingida de ~1152 km², e 2010 - 90% a mais em relação a 2009, com o total de 11057 km². Em 2010 também foi o ano com a menor quantidade de cicatrizes e maior tamanho médio das áreas. Ainda sobre o período sem o Programa, 2008 foi o segundo maior ano com área queimada (terceiro de toda a série histórica deste estudo) e 2011 foi o segundo menor valor registrado de 2008 a 2017.

No período com atuação pontual do PBRIF, 2013 teve o menor valor total de área queimada (terceiro menor da série histórica de 2008 a 2017) e 2017 foi registrado o maior valor (segundo maior da série histórica de 2008 a 2017).

Para a avaliação das queimadas em relação a média da série deste estudo, dispostos na **Figura 12**, observa-se dois padrões durante o Programa de Brigadas Federais: Anomalia negativa nos anos de 2013 e 2014 e anomalia positiva nos anos de 2015, 2016 e 2017. Este último pode ser o resultado da implementação das queimadas prescritas, entretanto, isto precisa ser avaliado com cautela e em um outro estudo específico³⁷.

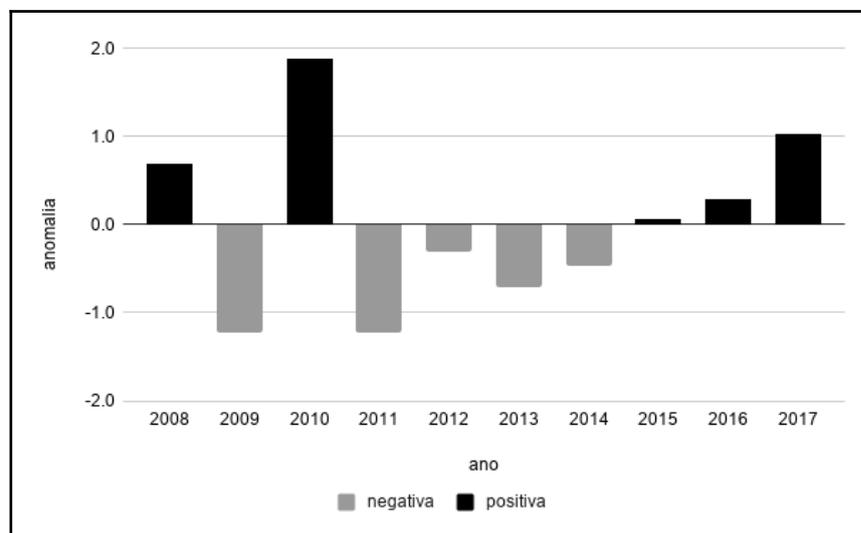


Figura 12 - Gráfico da anomalia de área queimada
[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT]

³⁷ Não foi possível avaliar efetivamente o impacto do Manejo Integrado do Fogo na série histórica desta dissertação, em razão da discreta amostra dentro do período de estudo (3 anos, a contar: 2015, 2016 e 2017) e da necessidade de compreender outros elementos das atividades que são empregados e não estão no escopo deste trabalho. Apesar disto, era esperado que os valores ainda estivessem negativamente anômalos, porém deslocados para os meses de transição da estação chuvosa para seca.

O impacto da área queimada será relacionado com a quantidade de vezes que uma mesma área é afetada, considerando a resiliência como um dos elementos chaves para o manejo do fogo.

4.2 Recorrência das queimadas

A reincidência do fogo no PQARA ocorreu em ~81% do território, sendo que ~40% do total da área tem recorrência de uso do fogo entre 2 a 4 anos, ~35% entre 5 e 7 anos e ~4% entre 8 e 10 anos (**Figura 13**). A maior parte da recorrência entre 5 a 10 anos está localizada na porção sudeste e na porção noroeste da terra (**Figura 14**). As áreas sem recorrência ou com apenas 1 ignição anual estão majoritariamente em áreas florestadas e savânicas (**Figura 14**).

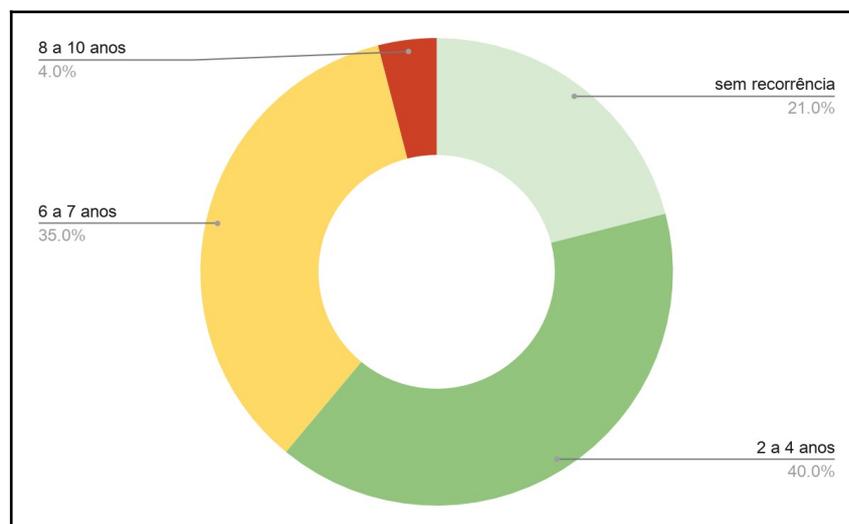


Figura 13- Recorrência de queimadas em relação ao total de área do PQARA e ao total de anos da série
[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT]

Comparando entre períodos, com e sem o Programa, com o PBRIF o total de áreas sem recorrência aumentou ~14%, entre 2 e 3 anos, respectivamente, reduziu ~70% e 13%, e aumentou o tamanho de áreas afetadas por recorrência de 4 e 5 anos, por essa ordem, ~64% e ~88%, conforme informações detalhadas na **Tabela 10**. Parte das áreas afetadas

com esta elevada persistência anual do fogo em um mesmo local está concentrada na porção norte, noroeste e nordeste da TI. Já no período sem atuação pontual das brigadas do Prevfogo/Ibama, as áreas de recorrência elevada estão descentralizadas, em menores porções, no centro da terra, conforme mapa da **Figura 13**.

Tabela 10- Área total em km² de sobreposição de queimadas anuais entre períodos sem e com PBRIF

Total de anos	Sem PBRIF 2008 a 2012	Com PBRIF 2013 a 2017	Dif entre com PBRIF e sem PBRIF	% da dif
2 anos	5132.6	3023.8	-2108.7	-69.7
3 anos	3075.5	2733	-342.5	-12.5
4 anos	588.4	1644.7	1056.3	64.2
5 anos	78	663.7	585.7	88.2

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT]

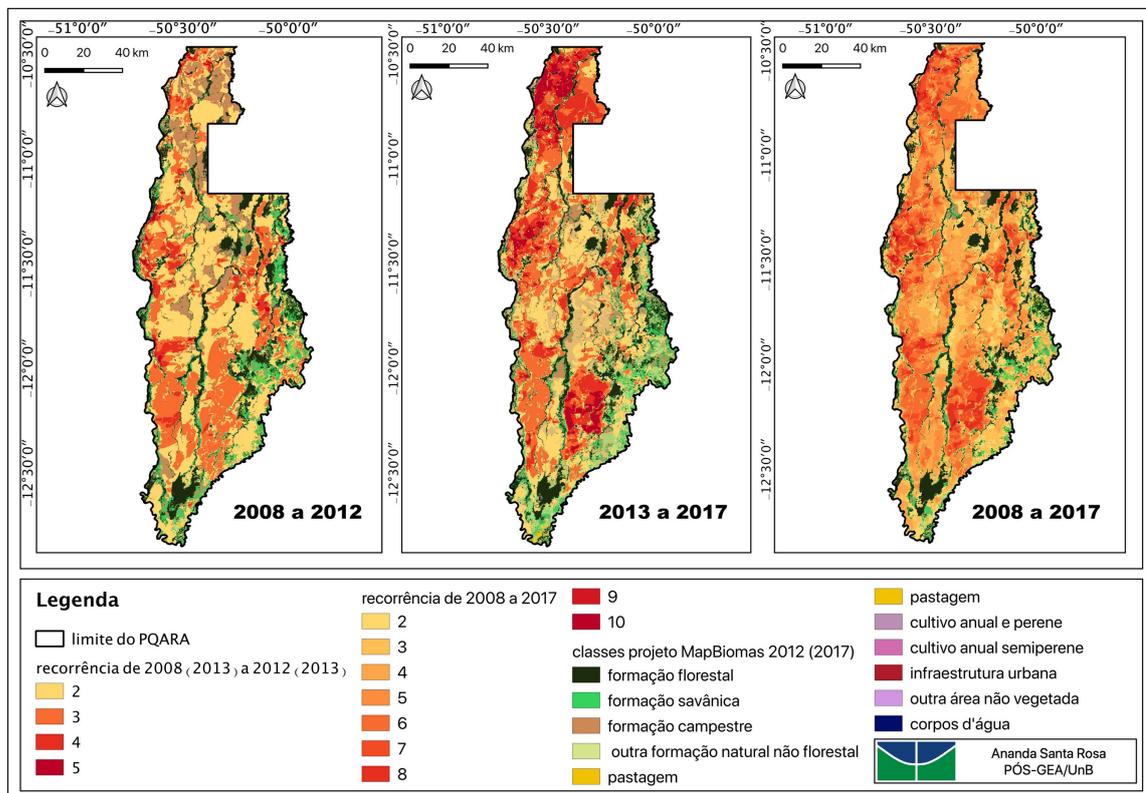


Figura 14 - Recorrência de queimadas antes da implementação do PBRIF (2008 a 2012), posterior (2013 a 2017) e em toda a série histórica (2008 a 2017)

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT e Projeto MapBiomias]

4.3 Intensidade das queimadas

A intensidade do fogo anterior ao PBRIF teve os maiores valores registrados de energia emitida em 2010, 2012 e 2008 (e de toda a série histórica da análise), consoante aos valores de área queimada destes mesmos anos que foram os mais elevados. Em 25 de setembro de 2010 ocorreu o maior valor emitido, ~2172 Mw. Os menores valores registrados desta série foram em 2009 e 2011, sendo que o valor máximo de 2009 foi ~11% do maior valor máximo. No período da atuação do PBRIF, os valores da FRP foram maiores em 12 de setembro de 2016 e 12 de setembro de 2017, anos também com atividades de queimadas prescritas e no contexto do manejo integrado do fogo. O menor valor registrado foi em 25 de maio de 2014, ~3 Mw, o menor, inclusive, de 2008 a 2017. Para todos os anos, a média e a mediana dos valores foram inferiores a 100 Mw, contudo, a variância intra anual é alta, o que corrobora com uma variação de energia emitida em cada ano. Descrição destes dados estão na **Tabela 11**.

Tabela 11- Detalhe dos dados da potência radiativa do fogo por ano

Programa	Ano	Min	Máx	Mediana	Média	Variância
-	2008	4	1814.6	39.8	74	12353.5
-	2009	4	257.1	24.4	38.5	1499.2
-	2010	3.5	2172.3	35	61.3	9806.9
-	2011	3.9	1247.1	41.4	82.4	15920.2
-	2012	3.4	1939.4	39.3	68.4	10378.6
x	2013	3.6	725.2	37.2	59	4503.4
x	2014	2.8	1044	37.7	65.3	7512.1
x	2015	3.8	1200.5	33.5	62.2	8059.5
x	2016	3.8	1604.4	34.3	59.1	7139.6
x	2017	3.2	1587.9	34.6	62.5	9439.6

[Elaborado pela da autora, 2019. Fonte dos dados: FIRMS/Nasa]

Mensalmente, as menores médias foram em janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, sendo que no dia 08 de janeiro de 2013, único valor registrado no mês, ocorre uma alta taxa de emissão, próximo o que seria registrado em agosto, quando a vegetação está mais seca. Hipoteticamente este *outlier* deve ser um erro e necessita de mais investigações para compreensão. Entre maio e outubro ocorrem as maiores taxas de

energia, sendo os maiores valores da série em 2008 e 2015, como é possível depreender da **Figura 15**.

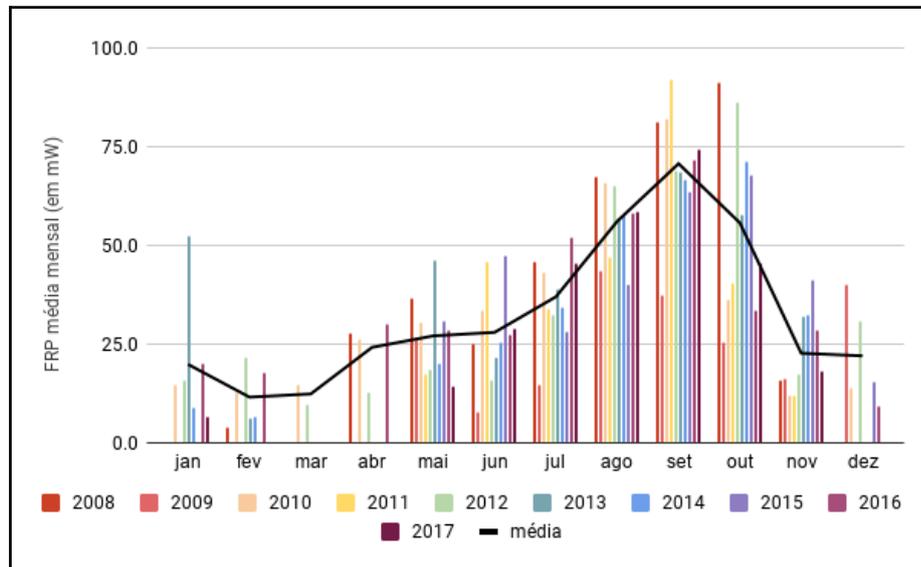


Figura 15 - Valores médios mensais da FRP em cada ano da análise [Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: FIRMS/Nasa]

Cada registro deste pode ser relacionado com a topografia local, com os valores de nebulosidade e chuva, entretanto, uma condicionante para o resultado é o tipo de vegetação afetada e o uso do fogo em áreas com algum tipo de manejo.

4.4 Uso e ocupação do solo no PQARA

O Parque Indígena do Araguaia é predominantemente ocupado por vegetação natural, sendo ~65% da TI de áreas campestres, ~17% de formação savânica e ~16% de formação florestal (**Figura 16**). As duas primeiras juntas acarretam em mais de ~81% de área propensa ao fogo enquanto o total da área de formação florestal é sensível ao fogo (~19% restante). Em relação ao uso e parcelamento do solo, as duas atividades de subsistência detectadas foram de pastagem e agricultura/cultura anual e perene, entretanto, juntas não chegam a 1% do total de área do PQARA. Ainda dentro da classificação do Projeto MapBiomas, foram detectadas atividades de cultura semi perene e

de infraestrutura, possivelmente atreladas às aldeias; estas, todavia, foram desconsideradas em razão das áreas serem muito pequenas, tamanhos estes inferior a 0.1 km² (**Tabela 12**).

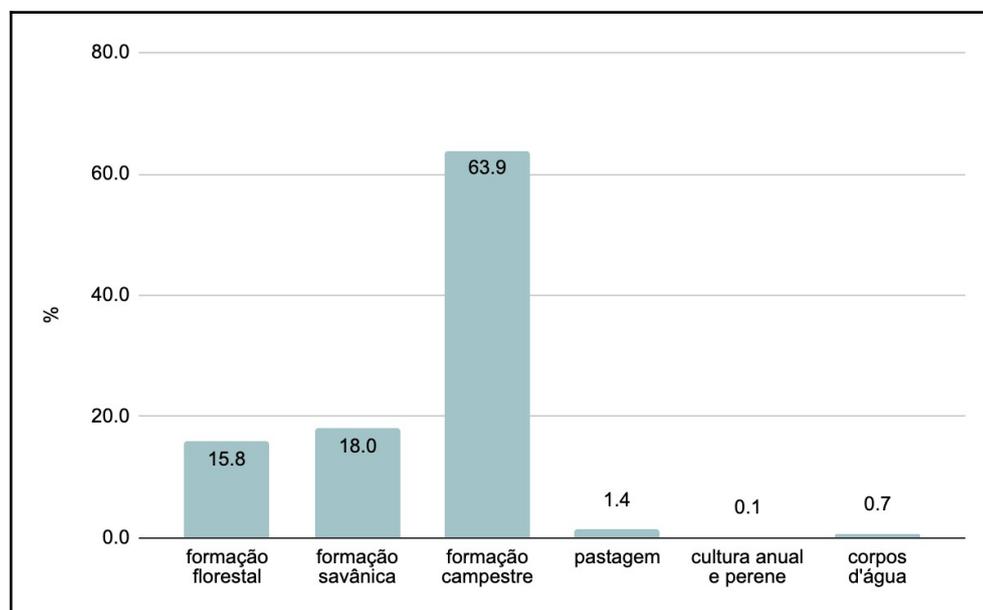


Figura 16- Porcentagem de cada tipo de vegetação e de parcelamento do solo para cada tipo de atividade dentro da TI Parque do Araguaia em relação ao mapeamento de 2017
[Elaboração da autora, 2019. Fonte dos dados: Projeto MapBiomias]

Tabela 12- Quantidade total de área, em km², para cada tipo de vegetação e uso

Ano	Formação florestal	Formação savânica	Formação campestre	Pastagem	Cultura anual e perene	Corpos d'água
2008	2410.6	2030.2	9189	70.8	8.8	110.8
2009	2396.4	2576.8	8795	40.6	0	107.6
2010	2327.9	2505.5	8910.2	33.8	10.1	99
2011	2318.2	2957.4	8505.6	37	2.5	104.3
2012	2239.9	2123	9403.1	30.8	4.1	96.8
2013	2226.3	2322	8983.1	76.9	5.2	110.3
2014	2239.3	2332.5	9071.6	97.6	5.8	114.4
2015	2255.2	2339.8	9160.6	53.7	0.7	107.3
2016	2212.5	1972.4	9455.5	103.4	2.4	107.9
2017	2167.6	2463.5	8749.2	194.1	18.1	99.5

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Projeto MapBiomias]

De 2008 a 2017, os tipos de vegetação que reduziram foram as áreas campestres (17% a menos) e as florestadas (10% a menos). As formações savânicas aumentaram 23% até 2008. A redução mais significativa das áreas florestadas ocorreu no período anterior ao PBRIF, ~171 km² (7,6%). Durante o Programa, também houve perda florestal e foi mais intensa no período com a implementação do MIF, 2015 a 2017 (**Figura 17**).

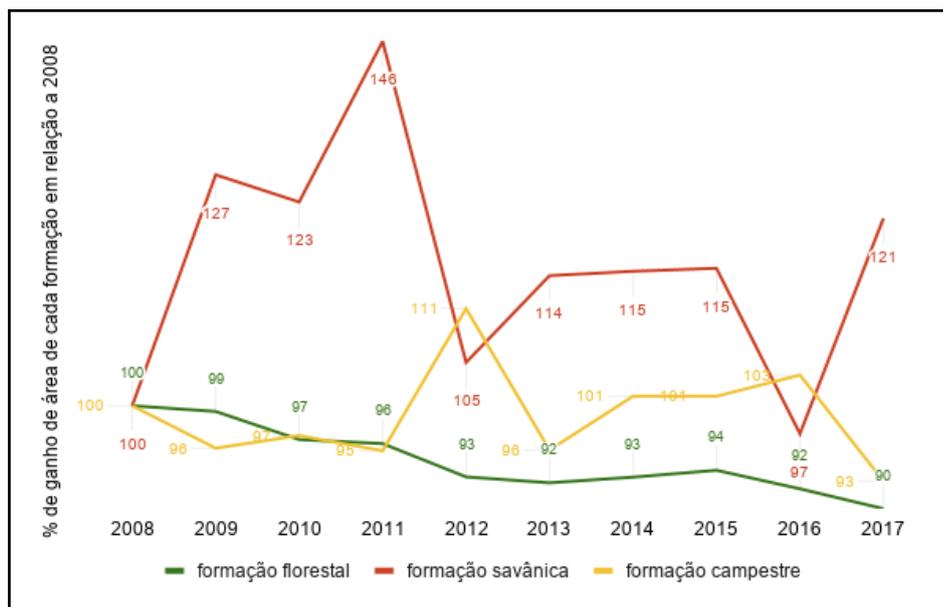


Figura 17 - Ganho ou perda de áreas com vegetação natural em relação ao ano de 2008

[Elaboração da autora, 2019. Fonte dos dados: Projeto MapBiomas]

Em relação a formação savânica, entre 2008 e 2011, a quantidade de áreas aumentou, mas ocorreu um declínio em 2012. De 2013 a 2015 a ocorrência de savanas aumentou 217 km², reduziu em 2016 ~367 km² e voltou a subir em 2017, ficando com um saldo final de ~2464 km² (**Tabela 12** e **Figura 17**).

Entre os usos, as áreas variaram bastante entre anos, sendo em 2017, 63% a mais de locais como de pastagens e 51% a mais de áreas plantadas, ambos comparados com 2008. De 2008 a 2012, as áreas com pastagens e de agriculturas decresceram, respectivamente, ~56% e 53%. Com o PBRIF, os locais com usos aumentaram, sendo 60% a mais de locais com pastagens e roçados - ainda irrisórios em relação ao total de área da TI, porém necessários de serem analisados, haja visto do aumento do tamanho de áreas para atividades ou de possíveis erros de mapeamento pelos algoritmos do Projeto Mapbiomas (**Figura 18**).

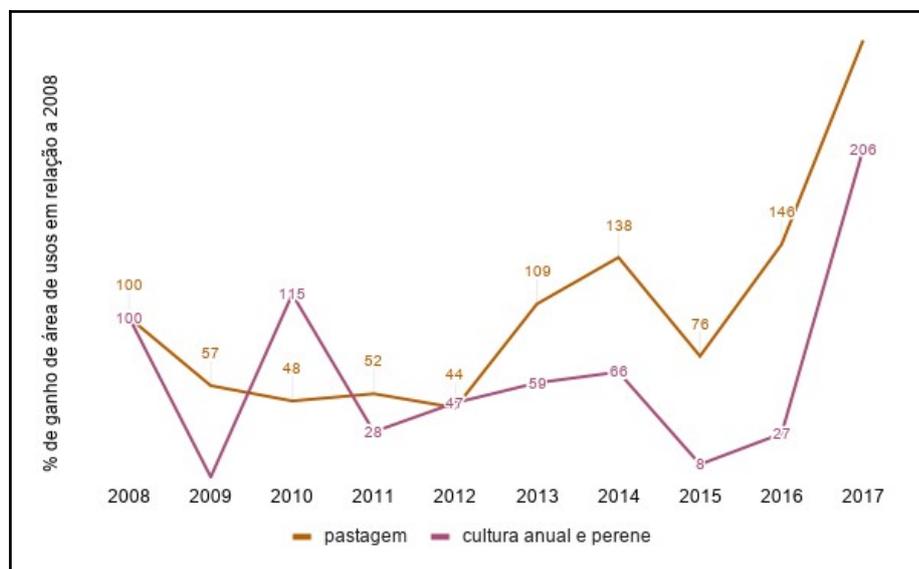


Figura 18 - Ganho ou perda de áreas com uso (pastagem ou cultura) em relação ao ano de 2008
[Elaboração da autora, 2019. Fonte dos dados: Projeto MapBiomias]

Ainda sobre a **Tabela 12**, os valores de corpos d'água também variaram, sendo os anos com as menores porções de lagos, lagoas e rios em 2012, 2010 e 2017 e a maior área em 2014.

4.5 Regime de chuvas

A média pluviométrica entre 2008 e 2017 foi de 1690 mm, sendo 2010 e 2016 anos secos, com anomalias negativas de precipitação, e 2012 e 2015 anos de seca extrema, com anomalias negativas de valores de precipitação muito distantes da média (**Figura 19**). Apesar disso, conforme **Tabela 13**, 2012 foi o 3º menor período de estiagem em toda a série e o menor entre os anos secos.

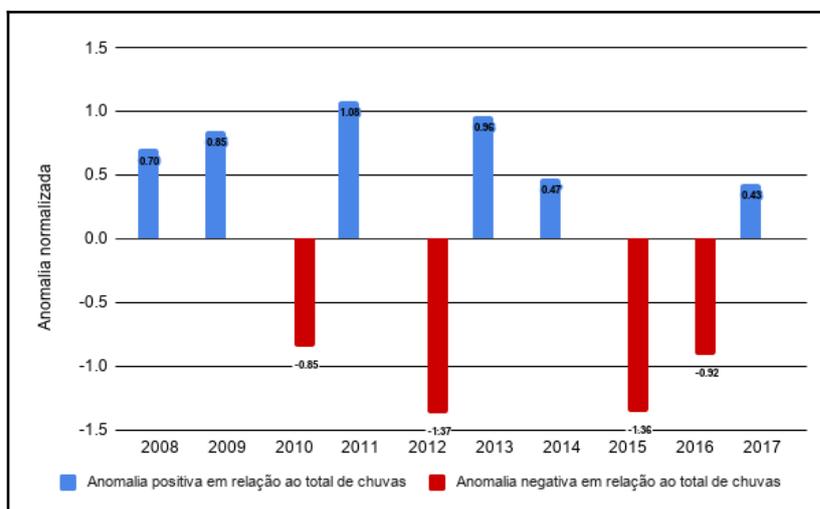


Figura 19 - Anomalia padronizada do total de chuva anual e do total de dias do período de estiagem [Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: TRMM]

Tabela 13- Total de dias para os períodos de dias consecutivos sem chuva anual em ordem decrescente de valores. Em vermelho os períodos de estiagem anuais

ano	Est1	Est2	Est3	Est4	Est5	Est6	Est7	Est8	Est9	Est10
2008	147	11	7	6						
2009	118	5	5	4	4					
2010	170	5	5	4						
2011	163									
2012	109	23	16	7	6	6	6	5	4	4
2013	95	34	9	9	8	6	5	4		
2014	98	34	18	15	4					
2015	124	16	13	6	6	5	5	5		
2016	139	16	12	8	7	5	4	4		
2017	152	17	5	4						
média	131.5	17.9	10	7	5.8	5.5	5	4.5	4	4

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: TRMM]

O maior período de estiagem foi em 2010, em sequência, 2011 (sem PBRIF), 2017 (com PBRIF) e 2008 (sem PBRIF). Os menores em 2013 (com PBRIF), 2014 (com PBRIF) e 2012 (com PBRIF).

Tabela 14- Total de dias sem chuva (não consecutivos), com chuva e de valores de pluviosidade

Ano	Dias sem chuva	Dias com chuva	Total de chuva (mm)	Total de períodos de dias consecutivos sem chuva
2008	235	131	1836.93	4
2009	220	145	1867.18	5
2010	249	116	1511.55	4
2011	220	145	1916.37	1
2012	247	119	1403.52	10
2013	232	133	1891.49	8
2014	238	127	1788.47	5
2015	255	110	1404.34	8
2016	262	104	1497.69	8
2017	228	137	1780.2	4
média	238.6	126.7	1689.7	5.7

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: TRMM]

Os anos de 2008, 2009, 2013 e 2014 foram chuvosos, com normalização padronizada positiva dos valores de precipitação. O ano de 2011 foi um ano bastante chuvoso, mas não muito distante da média. Em 2013 e 2014, além dos valores de precipitação positivos, os períodos de estiagem foram os mais curtos da série; por fim, em 2017, apesar dos valores de precipitação (**Tabela 14**), as chuvas tiveram o menor intervalo entre os períodos de secas (**Tabela 13**).

Intra-anualmente, conforme gráfico da **Figura 20**, os meses de julho e agosto são os únicos que não ocorre nenhum registro de chuva para todos os anos; junho também pode ser considerado como um dos meses da estiagem³⁸. Geralmente a transição entre a estação chuvosa para a seca ocorre em meados de abril e maio. Em setembro é o mês de transição da estiagem para a próxima estação chuvosa do ano (**Figura 20**).

³⁸ Excepcionalmente apenas em 2012 houve ocorrência de precipitação no mês.

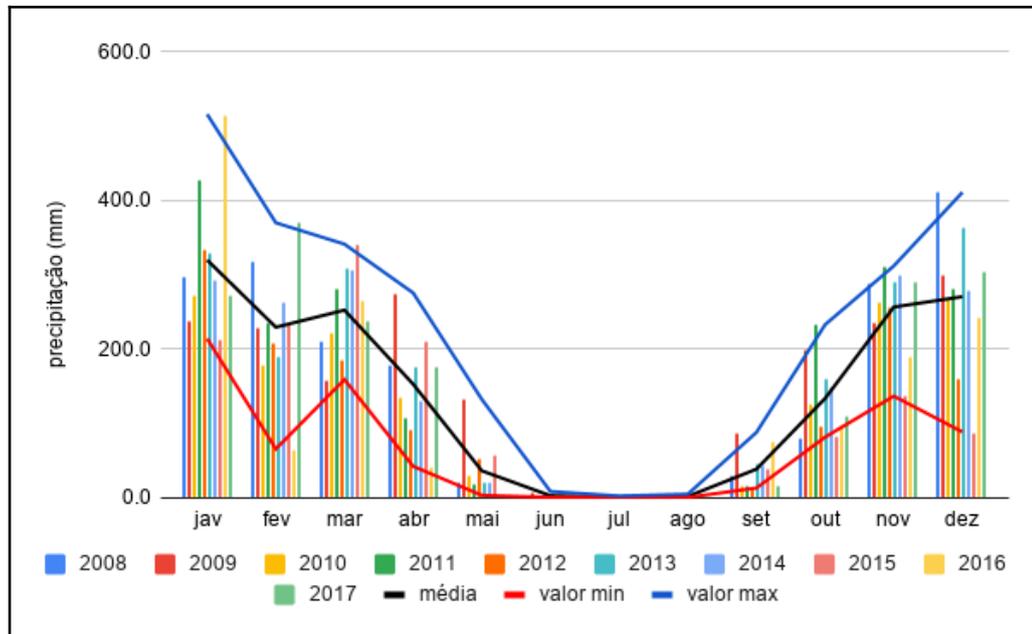


Figura 20 - Total de precipitação, média e valores mínimos e máximos mensais
[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: FIRMS/Nasa]

Comparando entre anos de PBRIF e anos sem atuação pontual das brigadas, com a política pública, as brigadas florestais enfrentaram períodos de estiagens mais curtos, mas também de menores valores de chuvas registrados. Sem atuação da brigada, 2010 e 2012, foram anos que possivelmente os solos estavam mais secos e o estresse hídrico da vegetação pode ter ajudado a determinar o padrão do fogo.

4.6 Explicando o fogo no PQARA: relação entre os valores de chuva, a vegetação afetada e as detecções de queimadas

A estiagem para a TI, pelo padrão de chuva na série deste estudo, pode ser compreendida de junho e primeira quinzena de setembro. Usualmente é assumido a

magnitude do fogo vai ser determinada pela estação seca (GOVENDER et al., 2006; PEREIRA et al., 2005; MATAVELI et al., 2017) e é possível depreender isto pela **Figura 21**.

As queimadas dos meses de maio, junho e julho são justificadas pelo manejo dos indígenas, dos retirantes que vivem dentro da terra e, a partir de 2015, pelas queimadas prescritas no contexto do MIF; O pico das detecções de fogo ativo ocorre na primeira quinzena de setembro, quando já são acumulados 3 meses sem chuva que resultam no aumento de biomassa seca e no alto déficit hídrico do solo. Nestes meses também costumam ocorrer as queimas de roças dos povos que são agendadas com os chefes de brigadas para apoiar e auxiliar em caso de descontrole. Com o restabelecimento das chuvas, na última quinzena de setembro, ocorre o declínio de detecção dos fogos ativos.

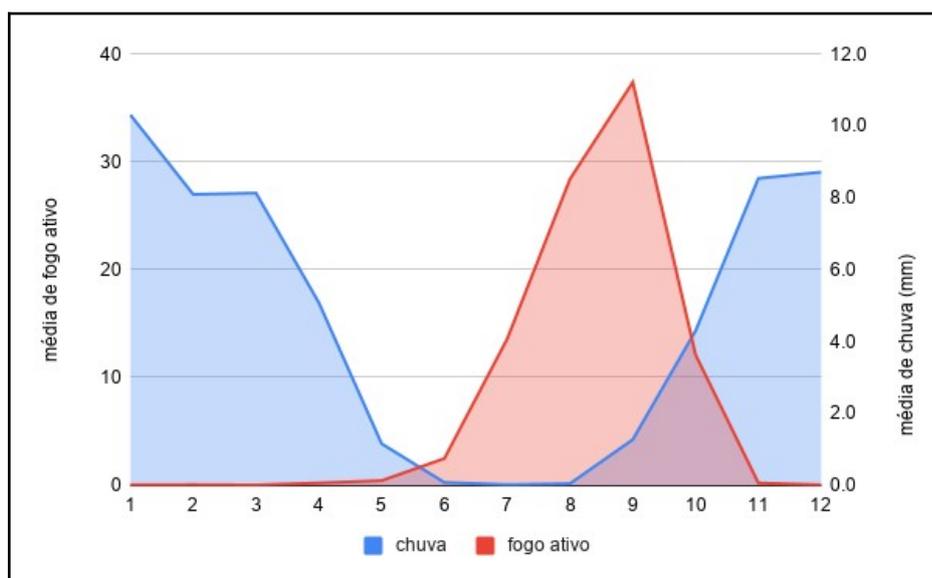


Figura 21 - Média do total de detecções de fogo ativo e de valores de chuva, por mês, entre 2008 e 2017
[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: FIRMS/Nasa e TRMM]

O volume total de chuvas anual não é suficiente para explicar o padrão de área queimada. É melhor compreendido quando relaciona com o tamanho do período de estiagem (ver **Tabela 15**). Em anos com menos períodos, como 2010, as cicatrizes foram maiores, menos fragmentadas, ao contrário de 2012, que apresentou o menor valor anual de pluviosidade de toda a série e não foi o pior ano de superfície atingida por fogo, pois apresentou a maior quantidade de períodos Est, conseqüentemente, maior distribuição de

chuvas ao longo do ano. Esta descrição é compatível a um ambiente propício para uma rápida propagação do fogo que necessita de material combustível bastante seco.

Tabela 15- Área queimada, quantidade de cicatrizes, total de chuva e total de período Est

Ano	Área queimada (km ²)	Total cicatrizes (km ²)	Total de chuva (mm)	Total de períodos Est
2008	1152.3	172	1836.9	4
2009	1192.5	128	1867.2	5
2010	2818.7	106	1511.6	4
2011	3579.3	236	1916.4	1
2012	4071.9	226	1403.5	10
2013	5243.6	113	1891.5	8
2014	5977.7	155	1788.5	5
2015	7272.9	111	1404.3	8
2016	8349.2	204	1497.7	8
2017	11057.5	34	1780.2	4

[Elaboração da autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT e TRMM]

As queimadas também são causadas pela invasão de caçadores e pescadores, especialmente na região Karajá (porção oeste da TI), ao longo de todo o ano. O fogo auxilia a evidenciar os animais na hora da caça. Quanto aos pescadores, além do adentramento desautorizado, aproveitam o momento da pesca para cozinhar e acampar sem receio de apagar o fogo devidamente, que por vezes se alastra. Os Relatórios de Ocorrência de Incêndios do Prevfogo/Ibama evidencia justamente isto: a maior contribuição dos combates são por uso do fogo ilegal para estas finalidades. Em coexistência, há ausência do Programa de Brigadas Federal na parte norte e sul³⁹ da TI, locais onde a recorrência foi bastante elevada com o Programa. Geralmente são contratadas 2 brigadas por ano, com bases na parte central Javaé e na parte central Karajá, e, apesar de compreender o maior quantitativo de brigadista contratados dentro do PBRIF, ainda assim, devido a extensão da área, é insuficiente.

Para acessar as regiões, os brigadistas passam por muitas dificuldades operacionais, próprio da região por conta dos recortes causados pelos rios, áreas alagadas (mesmo na

³⁹ Em 2019 houve a implementação de mais uma brigada, a BRIF-Sul, com base na parte sul do PQARA. Como não faz parte do período de análise deste estudo, esta não é citada no texto.

estação seca) e acessos difíceis. Há relatos e casos de brigadistas, mesmo indígenas residentes, que se perderam dentro da TI para localizar as ocorrências determinadas pelo monitoramento de fogo ativo pelos Chefes e Gerentes. Como resultados, o combate não tem poder de resposta em tempo hábil e a propagação, a considerar também a qualidade do combustível e a velocidade do vento, é mais rápida e atinge formações florestais (quando não originadas no interior dela).

4.6.1 Avaliação das fitofisionomias atingidas por fogo

Considerando a abrangência do fogo em relação à área de cada formação vegetal, detalhada na **Tabela 16**, observa-se que o ano de 2010 foi um dos mais agressivos para todos estes. Aproximadamente 40%, 79% e 94% das formações florestais, savânicas e campestres, respectivamente, foram queimadas. Para os usos também não foi diferente estes altos valores, neste mesmo ano. Para os demais anos os quantitativos variaram bastante, sendo notado que, excetuando os anos de 2008 e 2010, os registros são mais acentuados com o Programa de Brigadas Federais.

Tabela 16- Porcentagem de áreas afetadas no PQARA por ecossistemas

Ano	Formação florestal	Formação savânica	Formação campestre	Outra formação natural não florestal	Pastagem	Cultura anual e perene	Outra área não vegetada
2008	16.2	33.9	68.3	54.4	44.3	67.3	35.7
2009	1.3	2.5	12.3	7.9	4.4	0	1.4
2010	40.3	78.5	93.9	44.5	47.9	82.4	50.4
2011	2.6	3.3	12.5	3	3	1.2	0.7
2012	2.7	4.6	11.3	1.8	3.6	0.7	0.5
2013	2.1	5.8	30	8.1	1.4	8.4	1.9
2014	4.3	9.8	36.7	12.1	8.5	19.9	2.6
2015	5.1	13.4	53.8	43.8	11.1	85.5	8.9
2016	9	17.7	58.8	13.5	9.4	38	4.5
2017	14.5	40.4	81.5	32.9	25.4	67.5	13.8
maior % de área atingida	40.3	78.5	93.9	54.4	47.9	85.5	50.4
menor % de área atingida	1.3	2.5	11.3	1.8	1.4	0	0.5

[Elaboração da autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT e Projeto MapBiomas]

O aumento das savanas e das áreas de uso em concomitância com a redução das florestas (ambos descritos no tópico 4.4) fundamenta a possibilidade de savanização causada por fogo e/ou retirada das matas para aumentar áreas de usufruto dentro do território. Esta afirmação é complexa e precisa ser investigada, porém, é um dos indicativo em relação aos valores até aqui apresentados. Uma das questões que auxilia esta hipótese é a redução da fragmentação da paisagem explicada pela baixa quantidade de cicatrizes evidenciando grandes áreas atingidas por fogo nos anos de 2008, 2010 e 2017⁴⁰ e o fato da formação florestal não ter adaptação morfológica e fisiológica para o fogo. A segunda é a alta magnitude das queimadas, que também se relacionam nestes exatos anos para todo tipo de vegetação e são realçadas no gráfico da **Figura 22**.

40 2017 apresenta uma alta contagem de cicatrizes que pode estar relacionado às queimadas prescritas no período precoce e não as queimadas nos períodos modal e tardio.

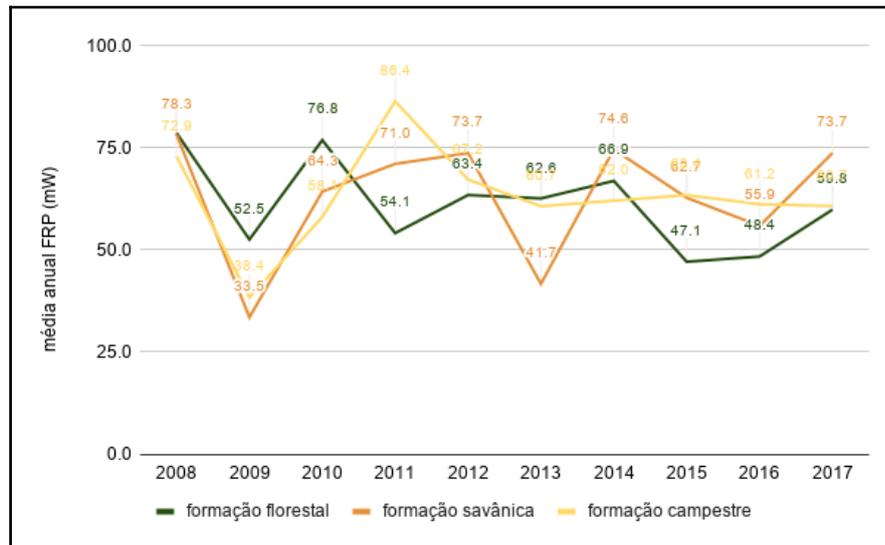


Figura 22 - Média de energia emitida por ecossistema entre 2008 e 2017
[Elaboração da autora, 2019. Fonte dos dados: FIRMS/Nasa e Projeto MapBiomas]

Em 2010, ano da estiagem mais prolongada da série, as formações florestais tiveram maior quantidade de energia emitida durante as queimadas e, possivelmente, maior quantidade de espécies com *top kill*⁴¹ e mortas. Curiosamente, para este mesmo tipo de vegetação, a intensidade do fogo também foi superior para 2008, 2009, 2013 e quase similar para 2017. Estes quantitativos podem ter relação com a recorrência de área queimada e com a savanização das bordas das matas (caso esteja ocorrendo).

4.6.1.1 Zonas de recorrência do fogo por tipo de vegetação

Zonas quando categorizada como elevada apresentou baixos valores (**Tabelas 17 e 18**), tanto em vegetação sensível como em vegetação propensa. Para as vegetações propensas, a maioria das fitofisionomias tiveram baixa recorrência (~ 78%) e recorrência moderada ~13%. Para as sensíveis ao fogo, a maior parte não está impactada pelo fogo e apenas 0.1 km² está em alto risco de degradação. Apesar do valor está abaixo da metade, quase 30% das áreas florestadas foram sensibilizadas pelo fogo, o que indica estratégia de proteção para estas áreas com a finalidade de não serem completamente degradadas.

⁴¹ Morte completa da parte aérea da vegetação pelas chamas do fogo.

Tabela 17- Área total e porcentagem de zona em relação ao total de vegetação propensa

Zona	Área (km ²)	em relação ao total de vegetação sensível
sem recorrência vegetação propensa	973.8	8.7
baixa recorrência em vegetação propensa	8736.3	77.9
recorrência moderada de fogo em vegetação propensa	1421.1	12.7
recorrência elevada de fogo em vegetação propensa	81.1	0.7

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT e Projeto MapBiomias]

Tabela 18- Área total e porcentagem de zona em relação ao total de vegetação sensível

Zona	Área (km ²)	% em relação ao total de vegetação sensível
sem impacto de fogo em floresta	1569.2	72.4
floresta sensibilizada pelo fogo	593.2	27.4
floresta vulnerável ao fogo	4.5	0.2
floresta em alto risco de degradação pelo fogo	0.1	0

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT e Projeto MapBiomias]

A maior parte da vegetação propensa sem recorrência, isto é, com elevado acúmulo de combustível, está situada próximas as fitofisionomias florestais, em concordância com a **Figura 23**, o que pode ser um agravante para a ocorrência de incêndios de magnitude elevada para adentrar nelas. Além disto, queimadas para este tipo de região podem ocasionar efeitos de bordas capazes de mudar a resiliência destes ambientes e fragiliza-los ainda mais, em razão da mudança do fluxo de energia solar e aumento de espécies herbáceas nas margens das matas. Para a recorrência elevada nas formações savânicas e campestres, ainda que atenuada, estas estão localizadas ao norte, áreas onde o efeito da atuação das brigadas são precárias e ao centro-oeste, local que os relatórios de ocorrência apontaram uso e efeito do fogo por invasores (**Figura 23**).

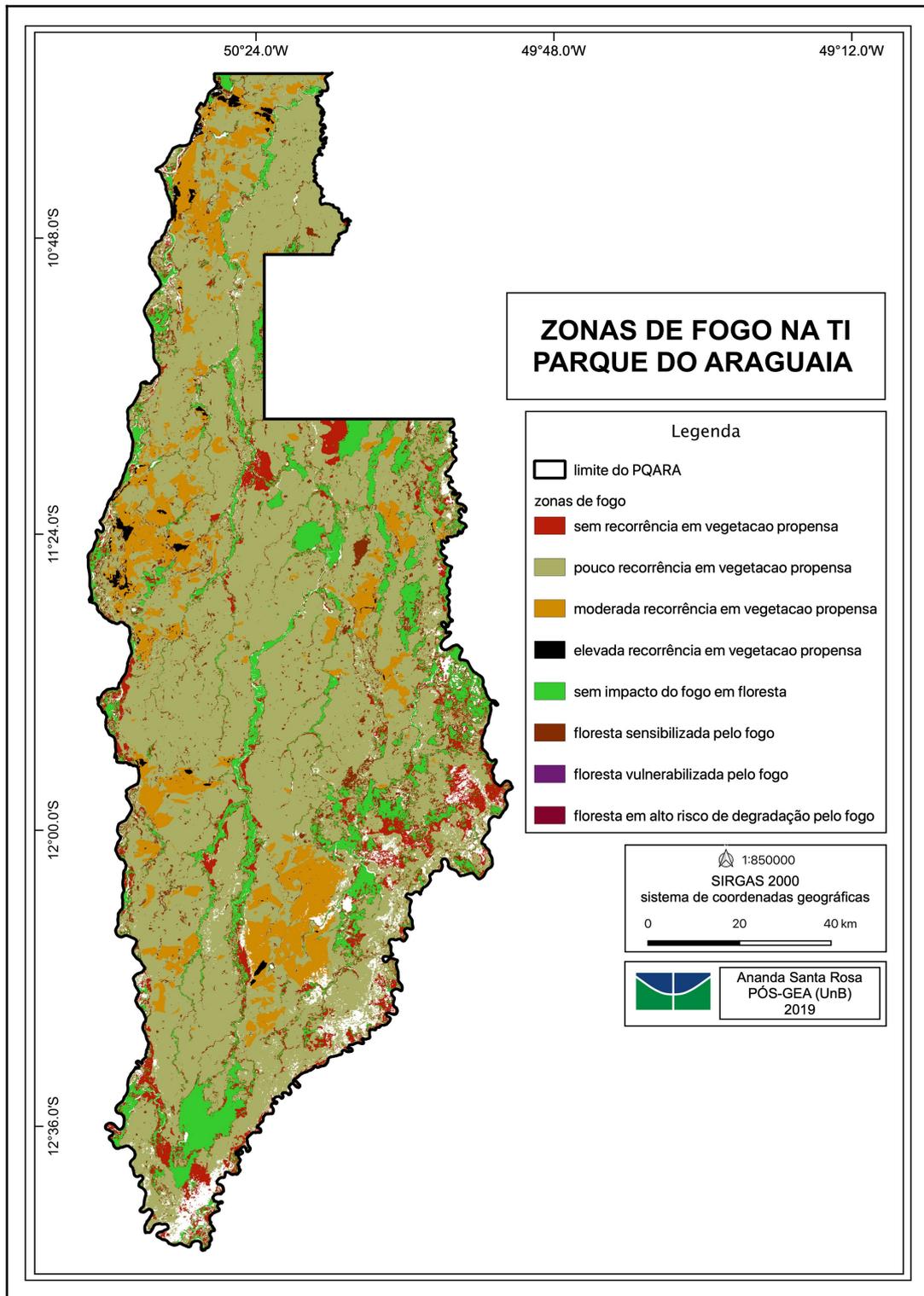


Figura 23- Zonas de Fogo do PQARA

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT e Projeto MapBiomias]

Todas as avaliações e análises até aqui apresentadas já são passíveis para inferir e considerar o poder de resposta das brigadas para redução das queimadas no PQARA. O estudo estatístico deu melhor detalhamento aos eventos e à relação entre as variáveis, notadamente mais importantes: chuvas e queimadas.

4.6.2 A relação estatística entre queimadas e pluviosidade

A área queimada tem um grau de relação moderada-alta com o total de dias da maior estiagem anual ($r = 0.55$) e relação baixa-moderada com o total de dias sem chuva ($r = 0.48$) e com a chuva acumulada anual ($r = -0.43$). Os focos anuais apresentaram melhor correlação com as variáveis: $r = 0.52$ (com Est1), $r = 0.48$ (com dias sem chuva) e $r = -0.57$ (com chuva acumulada). A relação do total de focos com as demais variáveis não se aplicou (NA - *no answer* - sem resposta). Ver **Figura 24** para maior detalhe dos resultados das correlações.

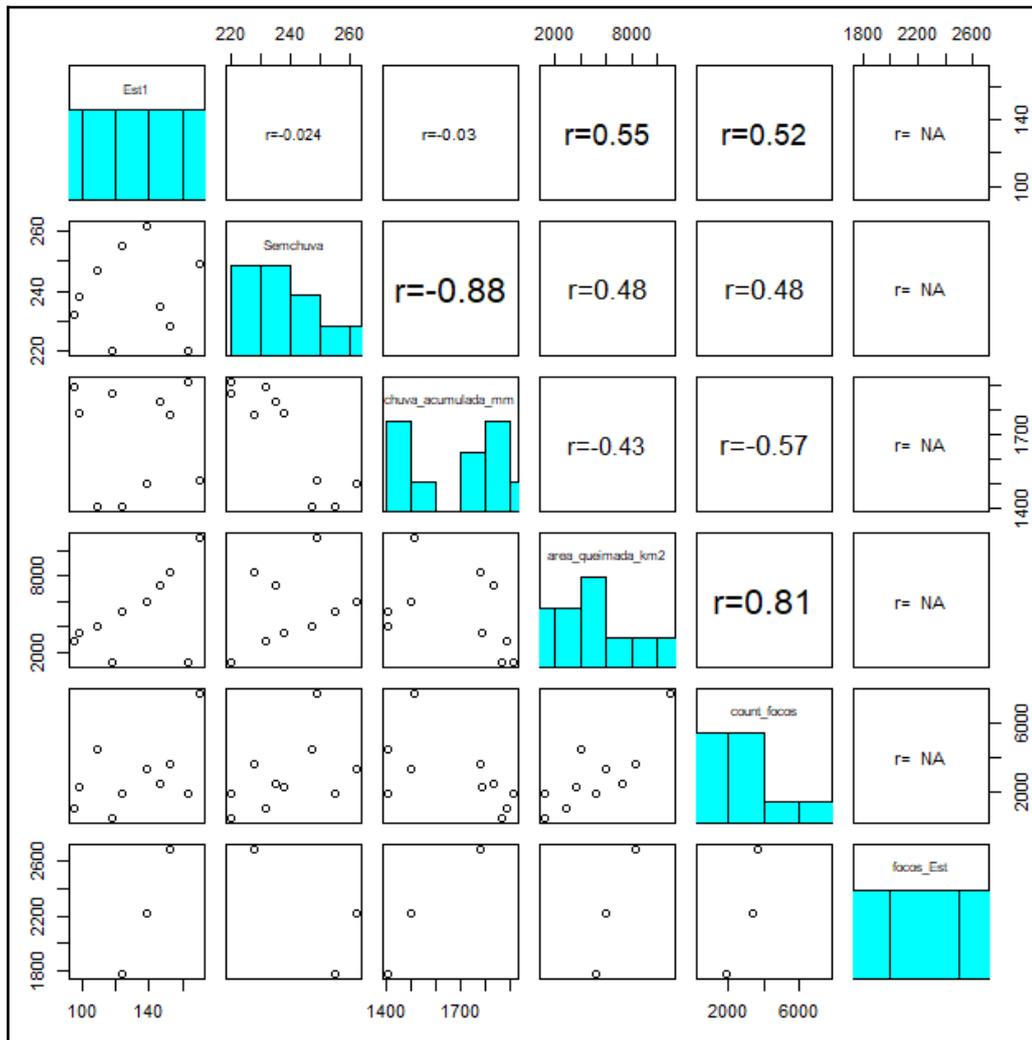


Figura 24- Correlação entre as variáveis. Est1: total de dias do maior período de estiagem do ano
Semchuva: Total de dias sem chuva em cada ano. chuva_acumulada_mm: Total de chuva anual.
area_queimada_km2: Total de área queimada por ano. count_focos: Total de fogos ativos/ano. focos_Est:
total de fogos ativos nos períodos

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT, TRMM, FIRMS/Nasa]

Área queimada e o total de fogos ativos, ambos anuais, apresentaram também elevada correlação ($r = 0.81$) - **Figura 25** - e moderado-alto coeficiente de determinação, mas, quando testada, esta relação foi rejeitada ($F_{1,8} = 14.76$, $r^2 = 0.60$, $p < 0.005$).

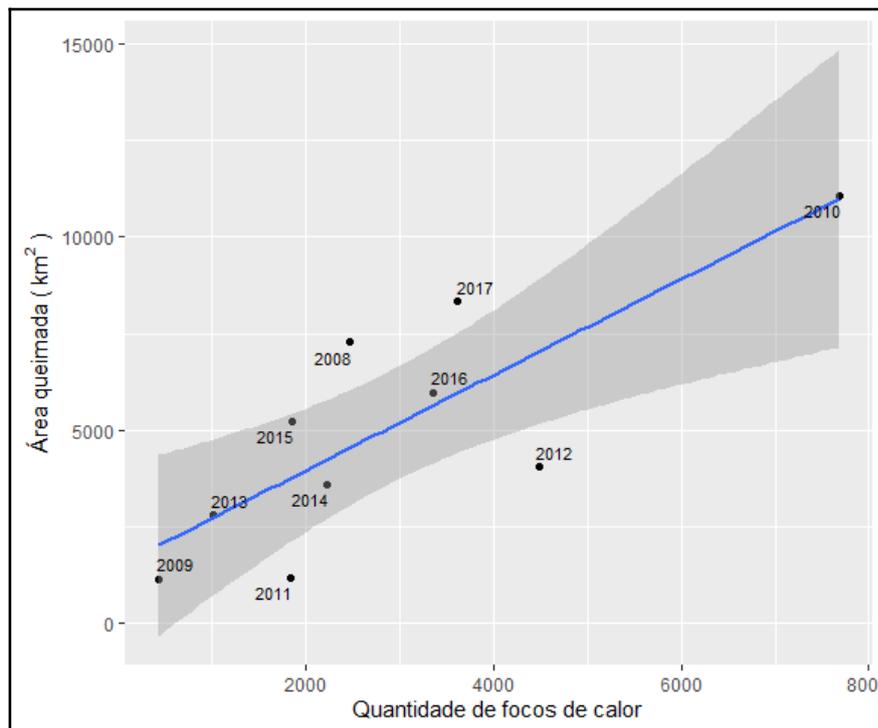


Figura 25- Regressão entre área queimada (variável dependente) e focos ativos (variável independente)
[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT e FIRMS/Nasa]

PADILLA et al. (2015) e RODRIGUES et al. (2019) apresentaram resultados distintos, comparando com este estudo, entretanto, o primeiro fez a avaliação em escala global e a segunda na escala do bioma Cerrado. Por isto, este pode ser um dos motivos para explicar estes valores que tem enfoque em nível local e melhor se aplica para a elaboração de estratégias e políticas em áreas protegidas. Outros motivos: baixa quantidade de amostras e os altos valores de variância das áreas queimadas.

Da **Figura 24** também é possível deprender uma elevada correlação entre o total de dias sem chuva e chuva acumulada anual ($r = -0.88$), porém, em regressões múltiplas convém evitar variáveis altamente correlacionadas (multicolinearidade). Em função do que foi exposto, dois modelos foram explorados:

- **Quantidade de focos:** $count_focos \sim Est1 + chuva_acumulada_mm$
- **Área queimada:** $area_queimada_km2 \sim Est1 + chuva_acumulada_mm$

4.6.2.1 Regressão múltipla para explicar a relação dos dados de chuva com as queimadas

Os focos são explicados em 46% pelos dados de chuva; isto quer dizer que há uma probabilidade, não muito significativa, de aumentar (diminuir) a quantidade de focos em razão da redução (acréscimo) do acumulado de chuvas anual e da dilatação (redução) do período de estiagem anual. Os valores de p value e ANOVA atestam que existe uma significância estatística, quase no limiar para rejeitar a H_A ($F_{2,7} = 4.8$, $R^2 = 0.46$, $p = 0.049$). A disposição das regressões estão nos gráficos das **Figuras 25 e 26**.

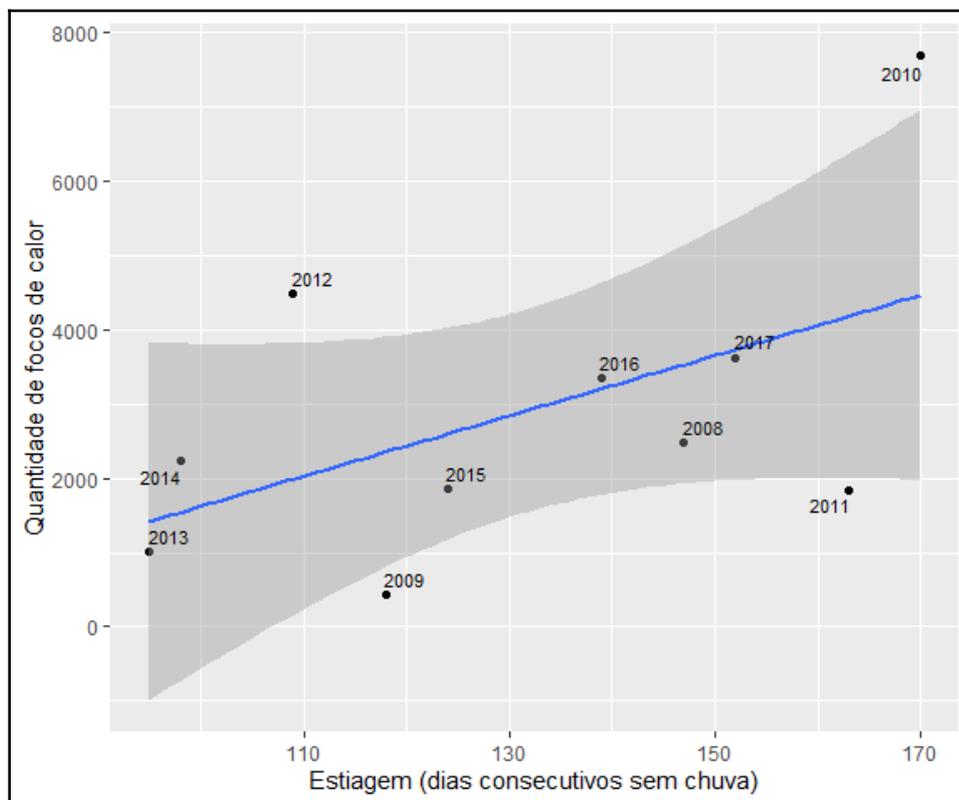


Figura 26- Regressão entre quantidade total de fogos ativos durante o ano e Est1
[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: FIRMS/Nasa e TRMM]

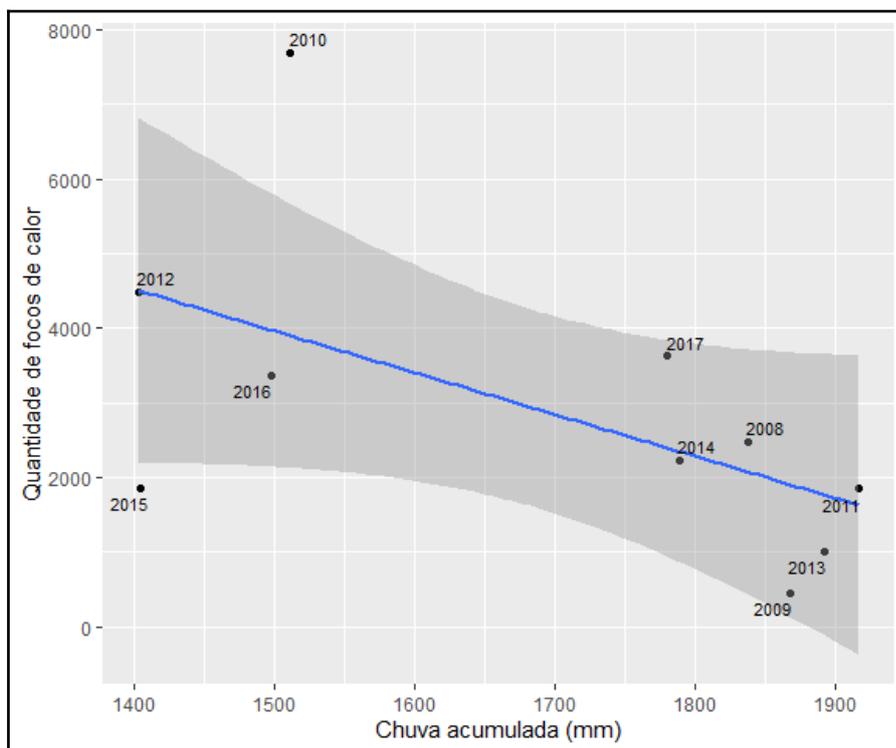


Figura 27- Regressão entre quantidade total de fogos ativos durante o ano e chuva acumulada anual [Elaborado pela autora, 2019. FIRMS/Nasa e TRMM]

Para área queimada, apenas 33% da superfície atingida pode ser explicada pelas variáveis. Além do baixo valor do coeficiente de determinação, os dados empíricos não permitem afirmar que existe uma relação linear da área queimada pelo modelo com as duas variáveis, **Est1** e **chuva_acumulada_mm**, pois a H_A foi rejeitada ($F_{2,7} = 3.17$, $r^2 = 0.33$, $p = 0.10$). A resposta pode ser inferida pela omissão de cicatrizes do produto de área queimada utilizado (o que enseja uma validação), possivelmente como resultado da metodologia que considera apenas o mapeamento no período de estiagem ou, às vezes, até menos, a depender da disponibilidade de imagens Landsat com qualidade suficiente para serem mapeadas no final da temporada seca⁴². Quanto a compatibilidade com o total de dias de estiagem anual, a disposição gráfica exposta na **Figura 28** foi mais linear, apesar de 2 *outliers*: em 2009 e em 2011).

⁴² Acredita-se que a omissão das queimadas do período antes da seca não seja demasiada, já que a ilha fica inundada em quase todo o período chuvoso e as detecções de fogo ativo que ocorrem são pontuais e pouco significativas até início de junho. Queimadas no final do período de estiagem, em outubro, principalmente, quando a nebulosidade fica mais significativa e a qualidade das imagens para o mapeamento é inferior, deve ter maior peso para facultar algumas cicatrizes.

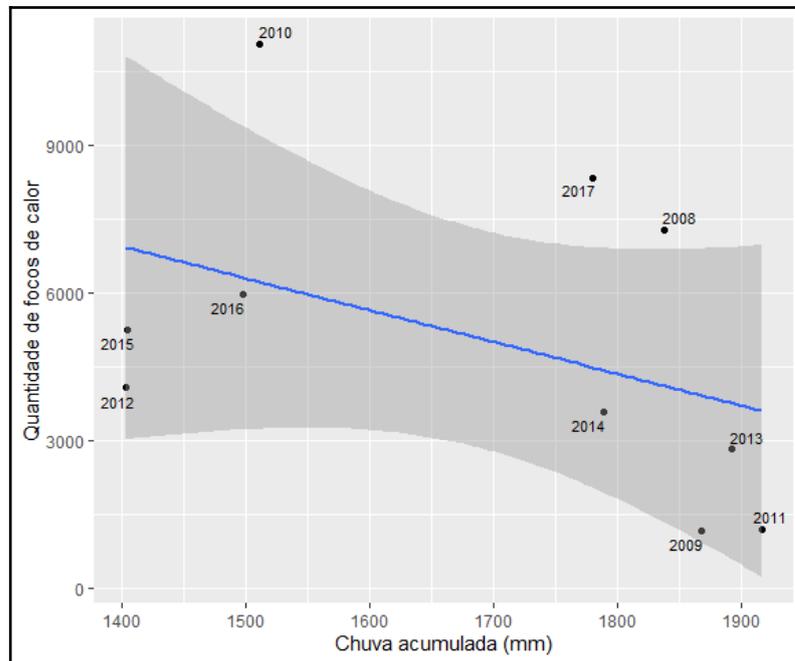


Figura 28- Regressão entre total de área queimada anual e chuva acumulada anual [Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: FIRMS/Nasa e TRMM]

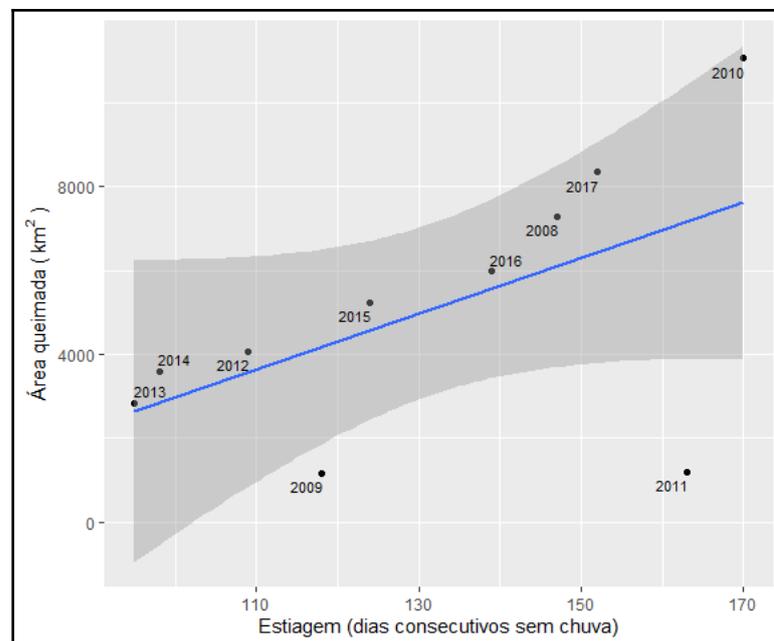


Figura 29- Regressão entre total de área queimada anual e Est1 [Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: Cemaf/UFT e TRMM]

Estas análises são importantes para discutir o papel da precipitação nas queimadas; entretanto, as instituições de ação para combate e prevenção não devem explicar o fogo através da chuva; e sim do poder de resposta em conformidade com as estratégias que devem ser elaboradas com o ambiente que se configura, favorável ou não às queimadas. Para que haja isto, é necessária a efetividade das ações e a existência de dados em tempo quase real, seja de natureza satelital aos obtidos em campo pelas brigadas. Com isto e neste sentido, questiona-se: As ações do Programa de Brigadas Federal tem efetividade e concordância com as análises e respostas até aqui encontradas?

4.7 Existe efetividade das ações do PBRIF?

A interpretação negativa sobre o uso do fogo advém do uso intensivo dos recursos naturais para sustentar a política agro-exportadora brasileira. Isto alarmou a necessidade de políticas públicas de proteção à biodiversidade e o Programa de Brigadas Florestal surge como um dos efeitos inevitáveis deste contexto.

Há 2 pontos a se considerar para cada área atendida pelo PBRIF: A dinâmica territorial nos espaços geográficos que cada área está inserida e o resultado da atuação local das brigadas. Para o primeiro caso, as mudanças são constantes e associadas com a criação (revogação) de uma política/legislação e com os interesses dos representantes da população brasileira que estão na câmara e no senado. E.g.: a moratória da soja (KASTENS, 2017), a concentração de esforços da fiscalização ambiental para redução de ilícitos (ARIMA et al., 2014) e o cancelamento do decreto que estabelecia o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e impedia a expansão do cultivo por áreas sensíveis do país (BRASIL, 2019). Para o segundo fato é a reflexão sobre o desempenho das brigadas, a consequência sobre a cultura dos povos tradicionais, o efeito na economia local, a efetiva presença do Estado na

proteção ambiental, o empoderamento dos indígenas para conservar seus territórios e a redução de incêndios criminosos.

Estudos são necessários para compreender as mudanças que ocorrem em razão de ambos os fenômenos e que deixam rugosidades no espaço geográfico, em especial quando em emergências (caso para quase todas as operações de combate). A carência de dados e informações, entretanto, é notória. A principal base atualmente de monitoramento são os fogos ativos que são muito importantes para compreensão da propagação do fogo, porém: 1. são desconhecidos estudos de validação robustos publicados em artigos para as terras indígenas com ação do PBRIF, 2. não é a principal forma de detecção das queimadas pelos brigadistas⁴³, 3. tem baixa resolução espacial e 4. a principal base que é utilizada pelo Prevfogo/Ibama, o Banco de Dados do Programa Queimadas do INPE <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>, faz mudanças constantes em sua plataforma, que por vezes não informam aos usuários e é bastante pesada para carregar em celular (principal meio de monitoramento dos brigadistas) em locais remotos que raramente tem acesso a internet de qualidade ou a pacote de dados.

Os dados de área queimada do INPE também apresentam complexidades, mesmo que sejam confeccionados com vias a atender as demandas das instituições ambientais brasileiras. A citar: o produto de 1km não apresenta resolução espacial suficiente para avaliar cicatrizes pequenas e não está disponível para *download*, por estar continuamente em validação; o dado de 30m é operacional, disponibilizado gratuitamente, mas atualizado a cada 1 ano (aproximadamente) com uma metodologia que omite cicatrizes, assim como foi constatada na fase de avaliação dos produtos a ser utilizado nesta pesquisa, visíveis na **Figura 29**, e na publicação de Daldegan et al. (2019), que compreende outras áreas de atuação das brigadas, no Mato Grosso.

43 Esta afirmação é oriunda da análise dos relatórios de ocorrência de incêndios de 2016 a 2018, cadastrados no SISFOGO. A maioria das detecções foram realizadas durante rondas. Isto motiva duas questões: ou os produtos são insuficientes e/ou a complexidade das plataformas não resulta o uso pelos brigadistas.

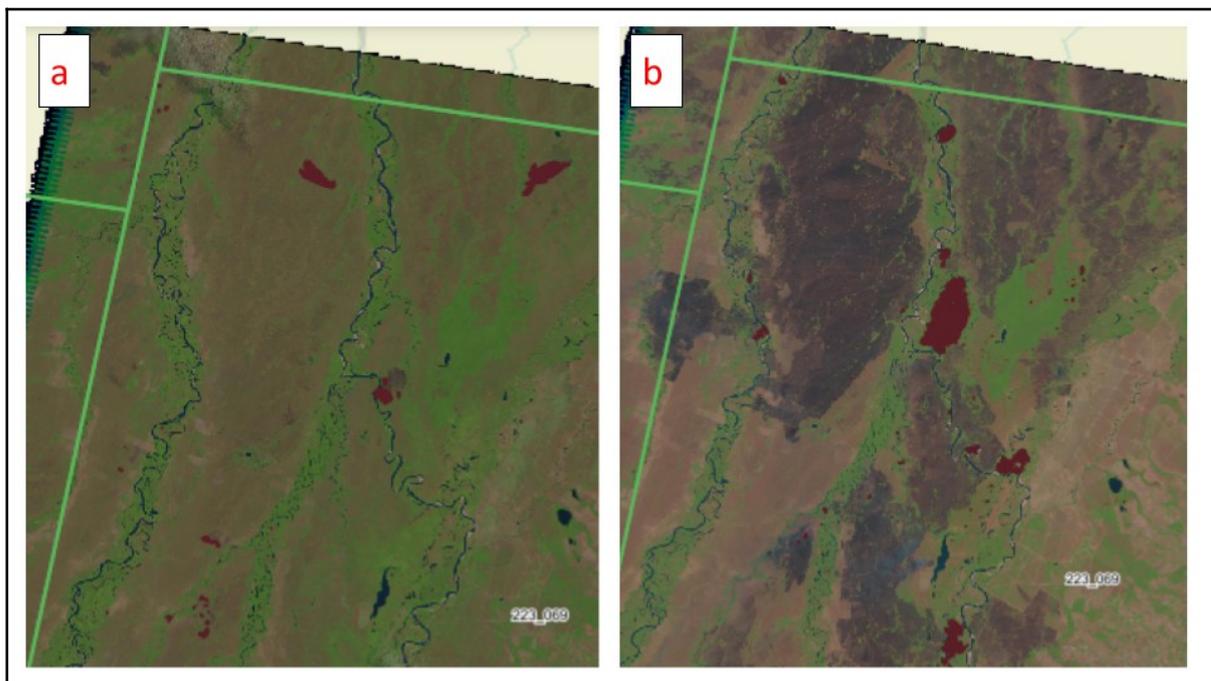


Figura 30: Exemplo de omissão de cicatrizes pelo mapeamento do produto AQ30m do INPE em uma das órbitas pontos que compreendem o PQARA (223_069)

Na parte “a” estão detalhadas as áreas queimadas mapeadas, representadas por polígonos avermelhados pelo produto entre 18-06-2010 a 03-07-2010. Na parte “b” os polígonos avermelhados são resultantes do mapeamento sequente de 04-07-2010 a 05-09-2010. Ainda sobre “b”, a parte arroxeadada da imagem correspondem as cicatrizes omitidas pelo produto.

[Elaborado pela autora, 2019. Fonte dos dados: INPE]

As estações meteorológicas que registram dados de chuva, temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e outras variáveis e estão cadastradas na ANA e no INMET também são insuficientes para explicar o padrão das chuvas, seja pela distância destas com as terras indígenas ou por dados históricos incompletos. O que sobram são dados satelitais, mas que também recaem no problema de validação, conforme a alta gama de paisagens que o Brasil tem e da indisponibilidade de profissionais climatologistas no Ibama e no ICMBio.

As publicações que também foram localizadas e interpretadas sobre padrão de queimadas no Cerrado tem intenção de explicar o fogo com vias as análises estatísticas, modeladas e quantitativas sem associar com as respostas, alcance e problemas das políticas ambientais vigentes.

Cada instituição/pesquisador(a) deve ter motivos para estes fatos aqui listados, muito bem provável com nexos orçamentário. A questão que, consoante a estes problemas e

na necessidade de resposta e *feedbacks* comprometidos com as políticas ambientais brasileiras, esta caracterização é deixada em segundo plano, lembrada nos momentos de urgência, como ocorreu no presente ano, 2019, para qualificar as queimadas na Amazônia e evidenciar estratégias governamentais para reduzi-las. Isto não é simplesmente por descaso dos analistas ou dos órgãos responsáveis, como o Prevfogo/Ibama. Há de se refletir que ocorre insuficiência de corpo técnico, devido à carência de analistas ambientais e de recurso para criar e analisar todos os dados necessários para reduzir os incidentes.

Esta insuficiência de informação sobre os territórios causam situações conflituosas, como exposições midiáticas equivocadas, sobreposição de missões institucionais e aumento de gastos para suprir as operações de combate. Quando em territórios tradicionais, ainda é mais delicado delimitar táticas e reduzi-las, em razão de interpretações maldosas, como culpar os indígenas pelos incêndios, dado o preconceito com os povos originários e a deficiência de pessoal tecnicamente qualificado, como antropólogos, para relacionar estes às atividades das instituições ambientais.

O Programa de Brigadas Federal compreende todos estes desafios que devem influenciar na resposta de prevenção e combate. Entre 2013 a 2017 houve desempenho de atividades pontuais em 34 terras indígenas, achando-se metade destas áreas no Cerrado. O Parque Indígena do Araguaia é uma das contempladas e mesmo assim 3 mega incêndios de alto custo aos cofres públicos ocorreram na TI com o Programa (**Tabela 19**).

Tabela 19- Registro de operações de nível 3 na plataforma Ciman Virtual

Ano	Nome da operação	Tipo de operação	Data Inicial	Data Fim	Duração (dias)	Custo (valor estimado)*
2014	ARAGUAIA	Combate (nível 3)	2014-09-05	2014-09-29	24	1,707,470.00
2016	ARAGUAIA 2016	Combate (nível 3)	2016-08-31	2016-12-31	122	1,450,187.00
2017	TOCANTINS	Combate (nível 3)	2017-08-29	2017-11-05	68	2,144,409.56

[Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Dados: Prevfogo/Ibama e Ciman Virtual]

Valor estimado* - Contabilizados, caso haja na operação: suprimentos de fundo, horas vôo de helicóptero, horas vôos de avião, diárias e passagens aéreas. Não são considerados valores de locação de carro, gasolina, seguros, manutenção veicular e hora trabalho da equipe.

Neste contexto e considerando tudo exposto, a indagação sobre a efetividade do Programa precisa ser redimensionada a uma avaliação com os pilares que o sustenta - orçamento, monitoramento, dados e equipe técnica - já que a resposta desta política não cabe apenas as ações que são diretamente realizadas pelo Programa. Por isto, por apenas esta dissertação ainda ficam algumas lacunas para responder a esta indagação; entretanto, ressalvas, críticas e recomendações para continuidade foram compreendidas a partir desta pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

O Programa de Brigadas Federais do Prevfogo/Ibama é a principal política para coibir incêndios florestais nas terras indígenas e enseja discussões para a manutenção dele com a intensão de modificar o padrão das queimadas com vias a conservação dos ecossistemas. Uma destas discussões é compreender que em caso de incêndios ilegais, principalmente quando envolve a entrada indesejada de pessoas na TI, já não cabe ao Programa de Brigadas punir os infratores. A manutenção da fiscalização ambiental, alicerçada ou empoderada para ser realizada pelos próprios indígenas, é necessária e deve ser análoga às ações do PBRIF. Outra reflexão, de modo macro, é conjecturar a vulnerabilidade e a velocidade de degradação por outras atividades que refletem para a propagação e o descontrole do fogo, como o desmatamento e a caça.

Paradigmas também devem ser rompidos:

1. de considerar que eventos meteorológicos que causam secas extremas vão ser responsáveis pelas queimadas. A origem do fogo é majoritariamente antrópica; deste modo, a redução é cabida ao poder público para reduzir o uso que não seja elencado ao modo de uso tradicional em todo e qualquer período de estiagem. Se há diligência, formas e modelos para compreender o padrão das chuvas e como isto vai refletir na paisagem do fogo, devem ser traçadas estratégias para ampliar as ações de prevenção, educação ambiental e fiscalização anterior ao período da estação seca e intensificar durante elas. Caso não, é primordial o investimento em profissionais da Climatologia (principalmente) e da Meteorologia para auxiliar em diagnósticos das variáveis atmosféricas.

2. de aceitar o dado de fogo ativo como único dado viável de monitoramento de queimadas (e pilar de outros produtos que são utilizados, e.g., risco de fogo), sabida que a resposta em nível local está falha e que este dado não diz respeito à totalidade de superfície atingida quando não ocorre correlação com significância com o dado de área queimada. As

plataformas do INPE apresentam várias contribuições históricas, mas precisam ser reformuladas para atender os usuários-brigadistas e para dispor de dados de área queimada com metodologia que tenha baixa quantidade de erros e com divulgação mais periódica. As operações não vão ser cessadas, principalmente nestes territórios que são grandes e de difícil acesso, enquanto não houver mais dados e com melhor robustez.

A questão que aqui também cabe ser ponderada, e não foi alvo de análise nesta dissertação, é considerar antropólogos na política para reduzir as disparidades e conflitos que não são enxergados por procedimentos da Metodologia Científica, mas podem afetar o desempenho e as ações das brigadas.

Para o caso específico do cenário aqui analisado e mediante dados, informações e instrumentos utilizados, a terra indígena Parque do Araguaia está perdendo áreas florestadas e um dos maiores aumentos ocorreu durante a implementação do MIF, cujo um dos objetivos é protegê-las (!). Há risco de reduzir ainda mais estas áreas nos próximos anos, caso não ocorra estudos mais específicos na área para validar as respostas até aqui encontradas. Neste sentido, o PBRIF ainda tem dificuldade para proteger as fitofisionomias sensíveis ao fogo e a possível savanização delas pode ser uma realidade.

A implementação de mais uma brigada e a descentralização de recursos para mantê-la na área norte da TI é igualmente imprescindível para reduzir a recorrência no local com vias a expandir os recursos humanos dentro do território e atender prontamente em casos de mega incêndios.

O Manejo Integrado do Fogo também precisa ser avaliado para abranger o fogo como um dos elementos da paisagem (e não como determinante dela). Mesmo que não era objeto desta dissertação, é necessário elencar os objetivos próximos aos interesses dos povos tradicionais e que corrobore a proteção da biodiversidade.

Avaliações fitossociológicas e de danos às espécies vegetais são identicamente indispensáveis tanto para as queimadas prescritas quanto para o pós-fogo tardio. Esta dissertação apresentou uma análise sistêmica da paisagem, com uso majoritário de dados satelitais que não respondem a totalidade do PQARA. A pesquisa ajudará a embasar os

resultados aqui identificados, mas não substitui avaliações locais por técnicos e pesquisadores devidamente qualificados.

Por fim, o Programa não foi capaz de reduzir as áreas afetadas por fogo em anos anômalos de estiagem e depreende de melhorias neste sentido. Técnicas de monitoramento meteorológico precisam ser incorporadas, bem como análises de informações, preferencialmente diárias, quinzenais e mensais, como da avaliação da estiagem e dos valores totais pluviométricos registrados.

Mesmo com estas respostas e sabido dos recursos limitados desta política, revelou-se que o Prevfogo/Ibama está se orientando para melhorias com estratégias que melhor cabem. A maior delas foi a consideração dos povos indígenas nas práticas de prevenção e combate. As demais foram o fortalecimento da pesquisa com a gestão pública por meio de chamada com o CNPq⁴⁴, a divulgação e transparência das ações por meio da plataforma Ciman Virtual⁴⁵, a organização anual de oficina do combate ampliado para nivelar as ações e compreender melhorias que os estados contemplados pelo PBRIF necessitam, a capacitação e formação contínua dos brigadistas e dos instrutores de brigadas, o estabelecimento de oficinas de educação ambiental para compreender como os brigadistas se enxergam nas atividades e o apoio em atividades de campo do INPE para validação e avaliação dos produtos de queimadas. Por isto, o Programa deve prosseguir junto com as seguintes recomendações.

5.1 Recomendações para o PBRIF

- Implementar dentro do Programa o monitoramento meteorológico e climático que seja coordenado dentro do Prevfogo/Ibama com subsídio técnico da Funai;
- Facilitar acesso para avaliações fenológicas e de danos à vegetação *in locu* por pesquisadores da Ecologia e da Botânica;

44 Vide edital em: <http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_OZaM&idDivulgacao=8362&filtro=abertas&detalha=chamadaDetalhada&id=47-1202-5816>. Acesso em 13 Nov. 2019.

45 Vide históricos de operação em <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/ciman/operacoes-geral/>>. Acesso em 13 Nov. 2019.

- Validar os dados do INPE nas TIs atendidas pelo PBRIF por instituições de ensino (universidades em geral) e consequente divulgação dos resultados para toda a comunidade científica;
- Avaliar a resposta do padrão do fogo em consonância com as dinâmicas territoriais nas demais áreas contempladas pelo PBRIF;
- Investir em estudos sobre a possibilidade de savanização das formações florestais;
- Contratar profissionais climatólogos, meteorologistas e antropólogos;
- Capacitar os brigadistas para o monitoramento com os dados satelitais e
- Promover apoio e projetos junto ao INMET, à ANA e à Funai para instalar estações meteorológicas operacionais nas terras indígenas.

5.2 Recomendações para as ações na TI Parque do Araguaia

- Implementar mais uma brigada com base na região norte da TI;
- Possibilitar atividades de fiscalização junto aos povos indígenas para impedir a entrada ilegal de caçadores e pescadores;
- Atualizar e implementar o mapa de Zonas de Fogo para elencar áreas prioritárias para conservação;
- Estabelecer parcerias de pesquisa com departamentos de Geografia, Ecologia e Zoologia das universidades para avaliar o impacto do fogo nos ecossistemas e a relação com a gestão pública.

6 REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Roraima: os paradoxos de um grande incêndio ao fim do milênio. **Estudos Avançados**, v. 12, n. 33, p. 227-231, 1998.
- ALENCAR, A. A. et al. Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. **Ecological applications**, v. 25, n. 6, p. 1493-1505, 2015.
- ANDREAE, M. O. et al. Biomass-burning emissions and associated haze layers over Amazonia. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 93, n. D2, p. 1509-1527, 1988.
- ANTÓN, S. C. Natural history of Homo erectus. **American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists**, v. 122, n. S37, p. 126-170, 2003.
- ARAGÃO, L. E. O. C. et al. Frequência de queimadas durante as secas recentes. **Secas na Amazônia: causas e consequências (ed. Borma LDS, Nobre CA). Oficina de Textos**, 2013.
- ARAGÃO, L. et al. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1779-1785, 2008.
- ARIMA, E. Y. et al. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. **Land use policy**, v. 41, p. 465-473, 2014.
- ARTAXO, P. et al. Partículas de Aerossóis na Amazônia: Composição, Papel no Balanço de Radiação, Formação de Nuvem e Ciclos de Nutrientes. 2009. Disponível em: <https://daac.ornl.gov/LBA/lbaconferencia/amazonia_global_change/14_Partículas_de_Aerossóis.pdf> Acesso em 07 mai. 2019.
- ASNER, G. P.; TOWNSEND, A. R.; BRASWELL, B. H. Satellite observation of El Nino effects on Amazon forest phenology and productivity. **Geophysical research letters**, v. 27, n. 7, p. 981-984, 2000.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. 1998.
- AUBERTIN, C. O surgimento do Bioma Cerrado. **Ateliê Geográfico**, v. 7, n. 1, p. 5-24, 2013.
- BARRADAS, A. C. S. A gestão do fogo na Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, Brasil. **Escola Nacional de Botânica/Jardim Botânico do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro**, 2017.

BATISTA, L. S. **Modelação da potência radiativa do fogo em savanas tropicais do norte da Austrália**. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.

BEERLING, D. J.; OSBORNE, C. P. The origin of the savanna biome. **Global Change Biology**, v. 12, n. 11, p. 2023–2031, 2006.

BERGAMASCHINE, L. C.. **Políticas públicas e as contribuições potenciais do cerrado para o cumprimento das metas brasileiras de redução das emissões de gases do efeito estufa**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília-DF.

BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. **Ecological applications**, v. 10, n. 5, p. 1251-1262, 2000.

BONHAM-CARTER, Graeme F. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. Elsevier, 2014.

BOSCHETTI, L.; ROY, D. P. Strategies for the fusion of satellite fire radiative power with burned area data for fire radiative energy derivation. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 114, n. D20, 2009.

BOWMAN, David MJS et al. Fire in the Earth system. **science**, v. 324, n. 5926, p. 481-484, 2009.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em: 15 jun. 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa de 1988**, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 14 maio. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 97.635, de 10 de abril de 1989**, 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97635.htm>. Acesso em: 25 jun. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998**, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2661.htm>. Acesso em: 25 jun. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 2.662, de 8 de julho de 1998**. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1998/D2662.htm>. Acesso em: 17 Out. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 9.985, de 18 de Julho de 2000**, 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 03 set. 2019.

BRASIL. **Decreto Nº 6.961, de 17 de Setembro de 2009**. Brasília, DF, 17 set. 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6961.htm>. Acesso em: 17 out. 2019.

BRASIL. **Lei complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011**, 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm>. Acesso em: 18 maio. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 11 jun. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 8.914, de 24 de novembro de 2016**, 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/D8914.htm>. Acesso em: 30 maio. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 10.084 de 5 de novembro de 2019**. 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D10084.htm>. Acesso em 10 Nov. 2019.

BULLER, L. S. et al. Energy diagnosis of land-use change and recovery proposal for an area in the Brazilian Cerrado. In: Proceedings of the 9 Biennial Energy Conference, 2017, Flórida. **Anais eletrônicos...** Flórida, 2017. Disponível em: <https://cep.ees.ufl.edu/emergy/documents/conferences/ERC09_2016/09_Buller.pdf> Acesso em: 12 out. 2019.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Projeto de Lei nº 11276, de 2018. **Projeto de Lei N.º 11.276, de 2018**: Institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo. Brasília, DF, Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=E5117E00962F961FFE120433C8BFB37E.proposicoesWebExterno2?codteor=1707953&filename=Avulso+-PL+11276/2018>. Acesso em: 11 jun. 2019.

CARDOZO, F. S et al. Avaliação dos modelos de emissão 3BEM E 3BEM_FRP no estado de Rondônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 6.

CARVALHO, E. V. et al. Caracterização de áreas queimadas no estado do Tocantins no ano de 2014. **FLORESTA**, v. 47, n. 3, 2017.

CELENTANO, D. et al. Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in Eastern Amazon of Brazil. **Land degradation & development**, v. 28, n. 2, p. 482-493, 2017.

CERQUEIRA, M. V. V.. A cultura e as técnicas alimentares primitivas utilizadas pela etnia xavante: revisão bibliográfica. 2009.

CHUVIECO, E. et al. Generation and analysis of a new global burned area product based on MODIS 250 m reflectance bands and thermal anomalies. **Earth System Science Data**, v. 10, n. 4, p. 2015-2031, 2018.

CLOUD, J. American cartographic transformations during the Cold War. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 29, n. 3, p. 261-282, 2002.

COCHRANE, M. A. Review Article: Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, n. 27, p. 913-919, 2003.

CORREA, N. E. R. **Avaliação de áreas afetadas por queimadas e incêndios florestais no estado do Tocantins em 2015**. 2017. Dissertação de Mestrado. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Gurupi: Universidade Federal do Tocantins-UFT, 45f.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. II-As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbusivo. **Boletim de Botânica**, v. 5, p. 57-63, 1977.

COUTINHO, L. M. Ecological effects of fire in Brazilian cerrado. In: **Ecology of tropical savannas**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1982. p. 273-291.

DALDEGAN, G. A.; ROBERTS, D. A.; DE F., F. Spectral mixture analysis in Google Earth Engine to model and delineate fire scars over a large extent and a long time-series in a rainforest-savanna transition zone. **Remote Sensing of Environment**, v. 232, p. 111340, 2019.

DALDEGAN, G et al. Spatial patterns of fire recurrence using remote sensing and GIS in the Brazilian savanna: Serra do Tombador Nature Reserve, Brazil. **Remote Sensing**, v. 6, n. 10, p. 9873-9894, 2014.

DIAS, I. F. O.; MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S. Efeitos de queimadas no microclima de solos de campos de cerrado - DF/Brasil. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (Ed.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: ECL/UnB, 1996. p. 11-19.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 1, p. 11-15, 2016.

FALLEIRO, R. M. Resgate do manejo tradicional do cerrado com fogo para proteção das terras indígenas do oeste do Mato Grosso: um estudo de caso. **Biodiversidade brasileira**, n. 2, p. 86-96, 2011.

FRANÇA, H.; NETO, M. B. R.; SETZER, Alberto W. **O fogo no Parque Nacional das Emas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/200704_franca_ramosneto_setzer_emas_livro_mma.pdf> Acesso em 03 out. 2019.

FRANCA, R. R. **Anticiclones e umidade relativa do ar: um estudo sobre o clima de Belo Horizonte**. 2009. Dissertação de mestrado. Dissertação (Mestrado em Geografia). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais-UFGM, 95p.

FUNAI. **Firmado acordo entre Funai e Ibama para combater e prevenir incêndios em terras indígenas**. 2013. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/comunicacao/noticias/1060-firmado-acordo-entre->

funai-e-ibama-para-combater-e-prevenir-incendios-em-terras-indigenas>. Acesso em: 5 Mai. 2019.

FUNAI. **Ingresso em terra indígena.** 2019a Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/servicos/ingresso-em-terra-indigena>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

FUNAI. **Modalidade de Terras Indígenas.** 2019b. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/indios-no-brasil/terras-indigenas>>. Acesso em: 28 Abr. 2019.

GADGIL, M.; BERKES, F.; FOLKE, C.. Indigenous knowledge for biodiversity conservation. **Ambio**, p. 151-156, 1993.

GIGLIO, L.; SCHROEDER, W.; JUSTICE, C. O. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. **Remote Sensing of Environment**, v. 178, p. 31-41, 2016.

GIGLIO, L. et al. The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. **Remote sensing of environment**, v. 217, p. 72-85, 2018.

GIGLIO, Louis; KENDALL, Jacqueline D.; TUCKER, C. J. Remote sensing of fires with the TRMM VIRS. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 1, p. 203-207, 2000.

GLASSPOOL, I. J.; EDWARDS, D.; AXE, L. Charcoal in the Silurian as evidence for the earliest wildfire. **Geology**, v. 32, n. 5, p. 381-383, 2004.

GLIKSON, Andrew. Fire and human evolution: the deep-time blueprints of the Anthropocene. **Anthropocene**, v. 3, p. 89-92, 2013.

GORJESTANI, N. Indigenous knowledge for development. **Protecting AND Promoting Traditional Knowledge: Systems, National Experiences AND International Dimensions**, p. 265, 2004.

GORMAN, R. M. Cooking up bigger brains. **Scientific American**, v. 298, n. 1, p. 102-105, 2008.

GOVENDER, N; TROLLOPE, W. SW; VAN WILGEN, B. W. The effect of fire season, fire frequency, rainfall and management on fire intensity in savanna vegetation in South Africa. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 4, p. 748-758, 2006.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of climate**, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000.

GUSMÃO, A. C. V. L. et al. Determinação do saldo radiativo na Ilha do Bananal, TO, com imagens orbitais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1107-1114, 2012.

IBAMA. 2001. **Portaria nº 85 de 19 de julho de 2001**. Brasília, DF. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/PT0085-190701.PDF>>. Acesso em 13 Jun. 2019.

IBAMA. **Sobre as Brigadas Federais**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/incendios-florestais/brigadas-federais/sobre-as-brigadas-federais>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

IBGE. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. 2019. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

INPE. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Missão, visão e valores: Missão**. 2017. Disponível em: <http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/missao.php>. Acesso em: 23 out. 2019.

ISA. **Terras Indígenas no Brasil: Parque Indígena Araguaia**. 2019. Disponível em: <<https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3592>>. Acesso em: 3 mar. 2019.

JENSEN, J. R.; EPIPHANIO, J. C. N. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Parêntese, 2011.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. et al. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. **Scientific reports**, v. 6, p. 33130, 2016.

JÚNIOR, P. et al. Métodos de geoprocessamento na avaliação da susceptibilidade do cerrado ao fogo. 2002.

KASTENS, J. H. et al. Soy moratorium impacts on soybean and deforestation dynamics in Mato Grosso, Brazil. **PloS one**, v. 12, n. 4, p. e0176168, 2017.

KAUFMAN, Y. et al. Relationship between remotely sensed fire intensity and rate of emission of smoke: SCAR-C experiment. In: '**Global Biomass Burning**'. (Ed. J Levin) pp. 685–696. 1996.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LEHMANN, Caroline ER et al. Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents. **Science**, v. 343, n. 6170, p. 548-552, 2014.

LEIMGRUBER, P.; CHRISTEN, C. A.; LABORDERIE, A. The impact of Landsat satellite monitoring on conservation biology. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 106, n. 1-3, p. 81-101, 2005.

LIBONATI, R. et al. An algorithm for burned area detection in the Brazilian Cerrado using 4 µm MODIS imagery. **Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 15782-15803, 2015.

LIU, Z. et al. Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) precipitation data and services for research and applications. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 9, p. 1317-1325, 2012.

MACHADO, R.B. et al. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. **Relatório técnico não publicado**. Conservação Internacional, Brasília, DF.

MARCUZZO, F.; GOULARTE, E. R. P. Índice De Anomalia De Chuvas Do Estado Do Tocantins. **Geoambiente On-line**, v. 2, n. 19, p. 01, 2013.

MARENGO, J. A. et al. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 12, 2011.

MARLON, J R. et al. Climate and human influences on global biomass burning over the past two millennia. **Nature Geoscience**, v. 1, n. 10, p. 697, 2008.

MATAVELI, G. A. V. et al. Análise das queimadas e da precipitação em áreas de Cerrado do Maranhão a partir de dados do sensor MODIS e do satélite TRMM para o período 2002-2015. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 96, p. 11-30, 2017.

MATAVELI, G. A. V. et al. Análise do efeito de background na estimativa da potência e da energia radiativa do fogo. **GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 20, p. 29-48, 2017.

MATAVELI, G. A. V. et al. Analysis of fire dynamics in the Brazilian savannas. **Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions**, p. 1-27, 2017.

MATSON, M.; DOZIER, J. Identification of subresolution high temperature sources using a thermal IR sensor. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 47, n. 9, p. 1311-1318, 1981.

MATTAR, Eduardo Pacca Luna et al. Federal conservation units in Brazil: the situation of biomes and regions. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 2, 2018.

MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S.. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2005.

MELCHIORI, Arturo E. et al. A Landsat-TM/OLI algorithm for burned areas in the Brazilian Cerrado: preliminary results. In: **Proceedings of VII International Conference on Forest Fire Research, Coimbra, Portugal**. 2014.

MENEZES, Catherine Silva. Dinâmica do fogo na região do MATOPIBA utilizando dados do sensor Modis. 2016.

MERCER, J. et al. The potential for combining indigenous and western knowledge in reducing vulnerability to environmental hazards in small island developing states. **Environmental Hazards**, v. 7, n. 4, p. 245-256, 2007.

MINUZZI, R. B. et al. Estudo climático do comportamento do período chuvoso no estado de Minas Gerais. **revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 266-275, 2006.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**, p. 93-106, 2005.

MIRANDA, H. S. et al. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. In: **Tropical fire ecology**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 427-450.

MISTRY, J. et al. Indigenous fire management in the cerrado of Brazil: the case of the Krahô of Tocantins. **Human ecology**, v. 33, n. 3, p. 365-386, 2005.

MMA. **Balanco de Execução 2018****: PPCDAm e PPCerrado 2016-2020. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. 101 p. (Preliminar). Disponível em: <http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/images/Doc_ComissaoExecutiva/Balanco-PPCDAm-e-PPCerrado_2018.pdf>. Acesso em: 15 maio 2019.

MORAIS, J. C. Fighting forest fires in Brazil. **General Technical Report (GTR)**, 2013.

MOREIRA, H. M. Formação da Nova Geopolítica das Mudanças Climáticas. **Sustentabilidade em Debate**, v. 4, n. 1, p. 275-292, 2013.

MORELLO, T. F. et al. Policy instruments to control Amazon fires: A simulation approach. **Ecological Economics**, v. 138, p. 199-222, 2017.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853, 2000.

MYERS, R. L. Convivendo com o Fogo-Manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo. **The Nature Conservancy-Iniciativa Global para o Manejo do Fogo**: Tallahassee, USA, 2006.

NADASDY, P. The anti-politics of TEK: the institutionalization of co-management discourse and practice. **Anthropologica**, p. 215-232, 2005.

NELSON, B. W. Natural forest disturbance and change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing Reviews**, v. 10, n. 1-3, p. 105-125, 1994.

NEPSTAD, D. C. et al. Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest. **Ecology**, v. 88, n. 9, p. 2259-2269, 2007.

NEPSTAD, D. et al. Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. **Conservation biology**, v. 20, n. 1, p. 65-73, 2006.

OLIVEIRA, G. S. El Nino e você: o fenômeno climático. In: **El Nino e voce: o fenomeno climatico**. Transtec, 1999.

OLIVEIRA, J. P.; IGLESIAS, M. P. As demarcações participativas e o fortalecimento das organizações indígenas. **Museu Nacional, Rio de Janeiro, RJ**, 2001.

OLIVEIRA SERRÃO, E. A. et al. Avaliação estatística entre as estimativas de precipitação da constelação gpm com TRMM: uma análise a bacia hidrográfica do rio Solimões. **Revista brasileira de climatologia**, v. 18, 2016.

PADILLA, M. et al. Comparing the accuracies of remote sensing global burned area products using stratified random sampling and estimation. **Remote sensing of environment**, v. 160, p. 114-121, 2015.

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life. **BioScience**, v. 59, n. 7, p. 593-601, 2009.

PEREIRA, A.; FRANÇA, H. Identificação de queimadas naturais ocorridas no período chuvoso de 2003-2004 no Parque Nacional das Emas, Brasil, por meio de imagens dos sensores do satélite CBERS-2. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 3245-3252, 2005.

PEREIRA, A. A. **Uso de geotecnologia para detecção e análise de queimadas e focos de calor em unidades de conservação no norte de Minas Gerais**. 2009. Dissertação de Mestrado. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Lavras: Universidade Federal de Lavras-UFLA, 91p.

PEREIRA, B. E.; DIEGUES, A. C. Conhecimento de populações tradicionais como possibilidade de conservação da natureza: uma reflexão sobre a perspectiva da etnoconservação. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 22, 2010.

PEREIRA, Gabriel et al. Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 3, p. 139-148, 2013.

PEREIRA, M. G. et al. Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 129, n. 1-2, p. 11-25, 2005.

PINHEIRO, F. R.; GIONGO, M. Qualificação e delimitação de áreas queimadas através do processamento digital de imagens TM/LANDSAT. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins**, v. 5, n. Especial, p. 30-34, 2018.

POSEY, D. A. Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of the Kayapo Indians of the Brazilian Amazon. **Agroforestry systems**, v. 3, n. 2, p. 139-158, 1985.

PREVFOGO. **Programa Brigadas Federal**. Brasília, DF. 35p. 2012.

PREVFOGO. **Resumo expandido do relatório da compilação dos resgates do conhecimento tradicional sobre o uso do fogo em terras indígenas brasileiras**. Brasília, DF. 34p. 2019.

PYKE, D. A.; BROOKS, M. L.; D'ANTONIO, C. Fire as a restoration tool: A decision framework for predicting the control or enhancement of plants using fire. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 3, p. 274–284, 2010.

QU, J. J. et al. Active fire monitoring and fire danger potential detection from space: A review. **Frontiers of Earth Science in China**, v. 2, n. 4, p. 479–486, 2008.

RAGIR, S. Diet and food preparation: rethinking early hominid behavior. **Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews**, v. 9, n. 4, p. 153–155, 2000.

RAMOS, P. C. M. Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais. **Fórum Nacional Sobre Incêndios Florestais**, v. 1, p. 29-38, 1995.

RAY, D.; NEPSTAD, D.; MOUTINHO, P.. Micrometeorological and canopy controls of fire susceptibility in a forested Amazon landscape. **Ecological Applications**, v. 15, n. 5, p. 1664–1678, 2005.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**, v. 1, p. 151-212, 2008.

RIBEIRO, M. C.; FIGUEIRA, J. E. C. Uma abordagem histórica do fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais–Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 212-227, 2011.

RICARDO, F. **Terras Indígenas e Unidades de Conservação da natureza: o desafio das sobreposições**. Instituto socioambiental, 2004.

RODRIGUES, J. A. **Como os produtos globais de área queimada representam os padrões de fogo no Cerrado?** Uma avaliação de precisão das coleções MCD64A1. 2018. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

RODRIGUES, J. A. et al. How well do global burned area products represent fire patterns in the Brazilian Savannas biome? An accuracy assessment of the MCD64 collections. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 78, p. 318-331, 2019.

RONCHAIL, J. et al. Interannual rainfall variability in the Amazon basin and sea–surface temperatures in the equatorial Pacific and the tropical Atlantic Oceans. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 22, n. 13, p. 1663–1686, 2002.

SANTA ROSA, A. et al. RECORRÊNCIA DE DETECÇÃO DE FOCOS DE QUEIMA NO BIOMA CERRADO NO PERÍODO DE 2002 A 2017. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. **Anais eletrônicos...** Campinas, GALOÁ, 2019.

Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/reocorrencia-de-deteccao-de-focos-de-queima-no-bioma-cerrado-no-periodo-de-2002-a-2017>> Acesso em: 07 nov. 2019.

SANTIAGO, J.; SILVA JÚNIOR, M. C.; LIMA, L. C.. Fitossociologia da regeneração arbórea na mata de galeria do Pitoco (IBGE-DF), seis anos após fogo acidental. 2005.

SANTOS, N. B. F.; NASCIMENTO, D. T. F.; BARROS, J. R. **Influência do fenômeno índice de oscilação sul (el niño e la niña) na temperatura de superfície do bioma Cerrado**. 2011. Disponível em: <<http://www.sbmet.org.br/sic2011/arq/6705891243376705891243.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2019.

SANTOS, T. O. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da amazônia brasileira: Um estudo de revisão. **Revista Geografica Academica**, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017.

SATO, M. N.; MIRANDA, H. S. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado após duas queimadas prescritas. **Simpósio sobre o cerrado: Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados**, 1996.

SATO, M. N. Efeito em longo prazo de queimadas na estrutura da comunidade de lenhosas da vegetação do cerrado sensu stricto. 2003. Tese (Doutorado) – Departamento de Ecologia.

SCHMIDT, I. B. et al. Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 5, p. 2094-2101, 2018.

SCHMIDT, I. B. et al. Implementação do programa piloto de manejo integrado do fogo em três unidades de conservação do Cerrado. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 55-70, 2016.

SCHROEDER, W. et al. The New VIIRS 375 m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 143, p. 85-96, 2014.

SETZER, A.; YOSHIDA, M. **Deteção de queimadas nas imagens do satélite geoestacionário GOES-12**. Disponível em: <http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/relat_goes.htm>. Acesso em: 12 jun. 2019.

SETZER, A.W.; PEREIRA, M.C. Relatório de atividades do projeto IBDF-INPE "SEQE" - Ano 1987. Instituto de Pesquisas Espaciais, INPE, S.J.C., (INPE-4534-RPE/565), 1988. Disponível em:

<http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/1988_Setzer_etal_Relatorio_SEQE_INPE.pdf>. Acesso em 17 Out. 2019.

SETZER, A. W.; SOUZA, P. A.; MORELLI, F. Modificação do algoritmo de focos de queima AVHRR do INPE e sua avaliação com um método dinâmico. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 2013. p. 6.

- SILVA, C. A. **Precipitações no Cerrado**: Análise da variabilidade pluviométrica e influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. 2018. 172 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Departamento de Pós Graduação em Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/34580>>. Acesso em: 05 out. 2019.
- SILVA, D. M. et al. Os efeitos dos regimes de fogo sobre a vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: considerações para a conservação da diversidade. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 26-39, 2011.
- SILVA, J. F. et al. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 536-548, 2006.
- SILVA, L. G.. Comportamento e efeito do fogo sobre os ecossistemas do bioma cerrado: modelos baseados em processos. 2018. Disponível em: <<http://www.pgeclunb.net.br/pt-br/teses-defendidas/2016-2018-1/1260-leticia-gomes-da-silva-2018/file>> Acesso em 07 out. 2019.
- SILVA, V. F. et al. Impacto do fogo no componente arbóreo de uma floresta estacional semidecídua no município de Ibituruna, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 701-716, 2005.
- STEIL, L. Brazil's evolving approach to fire. **Tropical Forest Update**. v. 24, n. 2, p. 9 -11, 2015.
- TIAN, Y. et al. Multitemporal analysis of TRMM-based satellite precipitation products for land data assimilation applications. **Journal of Hydrometeorology**, v. 8, n. 6, p. 1165-1183, 2007.
- TOMZHINSKI, G. W. T.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M. DO C. Avaliação da Detecção de Focos de Calor por Sensoriamento Remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 201-211, 2011.
- TROLLOPE, W. S. W. Fire behaviour. In: **Ecological effects of fire in South African ecosystems**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1984. p. 199-217.
- UHL, C.; KAUFFMAN, J. B. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. **Ecology**, v. 71, n. 2, p. 437-449, 1990.
- VALENTE, C. R.; LATRUBESSE, E. M.; FERREIRA, L. G. Relationships among vegetation, geomorphology and hydrology in the Bananal Island tropical wetlands, Araguaia River basin, Central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 46, p. 150-160, 2013.
- VAN VLIET, N. et al. "Slash and burn" and "shifting" cultivation systems in forest agriculture frontiers from the Brazilian Amazon. **Society & Natural Resources**, v. 26, n. 12, p. 1454-1467, 2013.
- VERA, C.; BRAND, A.. Aramanday guasu (*Rhynchophorus palmarum*) como alimento tradicional entre os Guarani Nandéva na aldeia Pirajuí. **Tellus**, n. 23, p. 97-126, 2014.

VERMOTE, E. et al. An approach to estimate global biomass burning emissions of organic and black carbon from MODIS fire radiative power. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 114, n. D18, 2009.

VILANOVA, J.; HAMMES, B. The Apanjekra and the Prevfogo Program: An analysis of perceptions and brigade action in the village Porquinhos (MA). **Humanidades & Inovação**, v. 4, n. 4, p. 109-122, 2017.

WELCH, J. R. et al. Indigenous burning as conservation practice: neotropical savanna recovery amid agribusiness deforestation in Central Brazil. **PloS one**, v. 8, n. 12, p. e81226, 2013.

WERNECK, F. P. The diversification of eastern South American open vegetation biomes: historical biogeography and perspectives. **Quaternary Science Reviews**, v. 30, n. 13-14, p. 1630-1648, 2011.

WILSON, R. A.; NOSTE, N. V. Project fire scan; fire detection interim report. 1966.

XERENTE, P. P. G. S.; BILAC, D. B. N. ICMS Ecológico: Análise Do Valor Aplicado Em Terras Indígenas No Município De Tocantínia-TO. **Humanidades & Inovação**, v. 5, n. 2, 2018.

ZENG, N. et al. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 1, p. 014002, 2008.

7 ANEXOS

- Autorização de uso dos dados de área queimada do Cemaf/UFT.



**Centro de Monitoramento Ambiental e
Manejo do Fogo**



Brasília, 18 de novembro de 2019.

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DO USO DE DADOS

AUTORIZO, desde já, o USO dos dados de área queimada produzidos por este Centro, a título gratuito, à mestranda em Geografia da Universidade de Brasília (PÓS-GEA/UnB), **Ananda Santa Rosa de Andrade**, CPF sob o n°. 017.757.461-51, com endereço em **SGAN 911 Norte, módulo F, bloco A, apto 15, Asa Norte, Brasília-DF, CEP 70790-1110** em sua pesquisa sobre a variabilidade do fogo na terra indígena Parque do Araguaia (Tocantins).

Igualmente autorizo a pesquisadora a publicar todas as informações geradas com o produto de área queimada em periódicos nacionais e internacionais.

Para isto, foram disponibilizados a esta, através do e-mail anandasrandrade@gmail.com, no dia 08 de abril de 2019, todas as cicatrizes da área, do período de 2000 a 2017, e as informações de uso.

PROF. DR. MARCOS GIONGO
Professor Adjunto
Universidade Federal do Tocantins

MARCOS GIONGO
Coordenador do Cemaf/UFT
giongo@uft.edu.br