



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
CAMPUS FLORESTA – CENTRO MULTIDISCIPLINAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ISMAEL SANTOS DA SILVA

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS QUEIMADAS AGRÍCOLAS ENTRE OS
ANOS 2005 A 2019 NO ESTADO DO ACRE

CRUZEIRO DO SUL-AC
2022

ISMAEL SANTOS DA SILVA

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS QUEIMADAS AGRÍCOLAS ENTRE OS
ANOS 2005 A 2019 NO ESTADO DO ACRE**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Acre.

Orientadora: Profa. Dra. Sonaira Souza da Silva

CRUZEIRO DO SUL-AC

2022

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

S586d Silva, Ismael Santos da, 1990 -
Dinâmica espaço-temporal das queimadas agrícolas entre os anos 2005 a
2019 no estado do Acre / Ismael Santos da Silva; Orientador: Prof. Dra. Sonaira
Souza da Silva. – 2022.
51 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-
Graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Cruzeiro do Sul, 2022.
Inclui referências bibliográficas e apêndice.

1. Fogo. 2. Desmatamento. 3. Secas extremas. I. Silva, Sonaira Souza da.
II. Título.

CDD: 500

Bibliotecário: Uéliton Nascimento Torres CRB-11º/1074



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ATA DE DEFESA DE MESTRADO

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DA DISSERTAÇÃO INTITULADA DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS QUEIMADAS AGRÍCOLAS ENTRE OS ANOS 2005 A 2019 NO ESTADO DO ACRE DE **ISMAEL SANTOS DA SILVA**, DISCENTE DO CURSO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS (PPGCA), REALIZADA NO DIA 24 DE NOVEMBRO DE 2022, ÀS 09h00, NO GOOGLE MEET (<https://meet.google.com/aqv-jowm-cky>).

A BANCA EXAMINADORA FOI PRESIDIDA PELA ORIENTADORA SONAIRA SOUZA DA SILVA E CONSTITUÍDA PELOS PROFESSORES DOUTOR IGOR SOARES DE OLIVEIRA, DOUTOR MARCUS VINICIUS DE ATHAYDES LIESENFELD E DOUTOR HENRIQUE LUIS GODINHO CASSOL. CONCLUÍDOS OS TRABALHOS DE APRESENTAÇÃO E ARGUIÇÃO, OS MEMBROS DA BANCA CONSIDERARAM A DISSERTAÇÃO:

APROVADA COM RESTRIÇÕES – REALIZAR REVISÃO DA ESCRITA GERAL DA DISSERTAÇÃO, INCLUIR TÓPICO DE DISCUSSÃO SEPARADO DOS RESULTADOS E REVISAR ANÁLISES ESTATÍSTICAS.

A SEÇÃO FOI ENCERRADA ÀS 12h05, E PARA CONSTAR EU, SONAIRA SOUZA DA SILVA, COORDENADORA DO PPGCA, LAVREI A PRESENTE ATA, QUE DEPOIS DE LIDA E APROVADA FOI ASSINADA POR MIM E PELOS DEMAIS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA.

DRA SONAIRA SOUZA DA SILVA, ORIENTADORA E PRESIDENTE DA BANCA EXAMINADORA

DRA SONAIRA SOUZA DA SILVA, COORDENADORA DO PPGCA/UFAC CAMPUS FLORESTA

Cruzeiro do Sul, 24 de fevereiro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Sonaira Souza da Silva, Coordenadora**, em 24/02/2022, às 19:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Henrique Luis Godinho Cassol, Usuário Externo**, em 25/02/2022, às 10:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Igor Soares de Oliveira, Professor do Magisterio Superior**, em 04/03/2022, às 17:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Vinicius de Athaydes Liesenfeld, Professor do Magisterio Superior**, em 21/03/2022, às 17:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ufac.br/sei/valida_documento ou click no link [Verificar Autenticidade](#) informando o código verificador **0454387** e o código CRC **3B2661F6**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pela vida e por mais esta conquista.

À Universidade Federal do Acre – Campus Floresta e à coordenação do PPGCA.

À minha família e em especial, minha esposa Nágila Pinheiro e meu filho Murilo Pinheiro, pela compreensão e apoio para que eu pudesse concluir este mestrado.

Aos colegas de laboratório e meus amigos, Jéssica Costa, Salatiel Clemente, Eric Nascimento e Moisés Pereira.

Aos professores que foram decisivos para minha formação.

À professora Sonaira que não mediu esforços para a realização deste trabalho.

Aos que contribuíram de forma direta ou indiretamente.

Ao projeto “AcreQueimadas” intitulado Incêndios florestais e queimadas no Estado do Acre: análise da extensão, nível de degradação e cenários futuros financiado pelo CNPq e Ibama/PrevFogo, processo 442650/2018-3, coordenado pela professora Sonaira Silva, que financiou parte dos trabalhos de campo, construção do conhecimento através da equipe de excelência nacional e internacional.

Ao Laboratório de Geoprocessamento Aplicado ao Meio Ambiente (LabGAMA) da Universidade Federal do Acre Campus Floresta e equipe, pelo espaço físico e estrutura de equipamentos que permitiram construção do banco de dados, análise e escrita dessa dissertação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Acre (FAPAC), com apoio de recursos do Convênio nº 865143/2018, pelo Edital FAPAC/CNPq nº 003/2019 – Programa de Apoio à Pesquisa na Pós – Graduação que tem como objeto conceder apoio financeiro para execução de projetos de pesquisa de pós-graduação a mestrandos e doutorandos que estejam matriculados regularmente em instituições de ensino superior sediada no Estado do Acre.

À Capes pela concessão da bolsa de incentivo à pesquisa científica.

RESUMO

Na Amazônia, as áreas queimadas estão relacionadas com o desmatamento e secas extremas, mas também com o manejo de áreas agrícolas consolidadas. O fogo é considerado a principal ferramenta do homem no campo para a eliminação do material vegetal para o plantio após o desmatamento, manutenção de pastagens ou limpeza de capoeiras, no Acre não é diferente. O grande gargalo do mapeamento é aprimorar as técnicas para mapear pequenos polígonos queimados, realidade em muitos estados da Amazônia, como o Estado do Acre. A área de estudo foi em todo estado do Acre que têm uma área de 16.423.979 ha, localizado no sudoeste da Amazônia, dividido em 22 municípios e em 5 regionais. Na classificação das queimadas utilizou-se imagens do satélite Landsat 5 TM e Landsat 8 TM, onde se fez uso do Google Engine na classificação e do ArcGis Pro no mapeamento das cicatrizes de queimadas. As queimadas mapeadas totalizaram 1.968.963 ha queimados, tendo destaque a regional do Baixo Acre com 855.973 ha, isso se explica por ser uma regional mais habitada, maior rebanho de bovinos do estado e por ser historicamente uma região mais seca na época do verão amazônico. As queimadas e o desmatamento estão correlacionados, com $R = 0,64$ % ao nível de significância de 5%, conforme o desmatamento aumenta 01 hectare, aumenta-se cerca de 3,6 hectares de queimadas. Diante dos resultados alcançados neste estudo, os anos de 2005, 2010, 2016 e 2019 ganharam destaque por terem sido anos com maior área anual de cicatrizes de queimadas em decorrência de secas extremas, exceto 2019. À medida que o desmatamento aumenta conseqüentemente as queimadas aumentam.

Palavras-chave: Fogo, Desmatamento e Secas extremas.

ABSTRACT

In the Amazon, burned areas are related to deforestation and extreme droughts, but also to the management of consolidated agricultural areas. Fire is considered to be the main tool used by rural man to eliminate plant material for planting after deforestation, pasture maintenance, or clearing brushwood, and in Acre it is no different. The big bottleneck in mapping is to improve the techniques for mapping small burned polygons, a reality in many Amazon states, such as the state of Acre. The study area was the entire state of Acre, which has an area of 16,423,979 ha, located in the southwestern Amazon, divided into 22 municipalities and 5 regions. For the classification of the burns, images from the Landsat 5 TM and Landsat 8 TM satellites were used, where Google Engine was used for the classification and Arc Gis Pro for the mapping of the burn scars. The mapped fires totaled 1,968,963 ha burned, with the Lower Acre region standing out with 855,973 ha. This is explained by being a more populated region, with the largest cattle herd in the state and for being historically a drier region during the Amazonian summer season. Burnings and deforestation were highly correlated, with $R = 0.64$ % at the 5% significance level, as deforestation increases by 01 hectare, there is an increase of about 3.6 hectares of burnings. In view of the results achieved in this study, the years 2005, 2010, 2016 and 2019 gained prominence for being years with the largest annual area of burn scars as a result of extreme droughts, except 2019. As deforestation increases consequently burns increase.

Keywords: Fire, Deforestation and Extreme Drought.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Taxas de desmatamento anual na Amazônia Brasileira.....	1
Figura 2. Taxas de desmatamento entre os anos de 1988 a 2019 no estado do Acre (a) e número de focos de queimadas nos últimos 20 anos no Estado do Acre (b).....	2
Figura 3. Localização do Estado do Acre, sudoeste da Amazônia.....	12
Figura 4. Cenas do satélite Landsat abordadas neste estudo, para o estado do Acre.	13
Figura 5. Exemplo de imagem classificada no Google Earth Engine.....	14
Figura 6. Exemplo do mapeamento da área queimadas após definição da área mínima de 0,5 ha.....	15
Figura 7. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre no período de 2005 a 2019.	17
Figura 8. Histórico de queimadas mapeados para os anos de 2005 a 2019.....	25
Figura 9. Porcentagem da área queimada nos anos de 2005 a 2019 nas Regionais do Acre....	20
Figura 10. Queimadas nas regionais mapeados para os anos de 2005 a 2019, exceto 2012.....	20
Figura 11. Quantidade de Bovinos (cabeças) por Regional Administrativa do Acre.....	21
Figura 12. Espacialização das variações de aumento ou redução da áreas queimadas por município entre 2018-2019 (a) e 2005-2019 (b). Exceto 2012.....	26
Figura 13. Ranking de queimadas por município para os anos de 2005 a 2019. Exceto 2012.	28
Figura 14. Ranking da produção de bovinos (cabeças) por município do Estado do Acre.....	28
Figura 15. Observação dos <i>outliers</i> nos dados de desmatamento e queimadas.....	29
Figura 16. Correlação entre queimadas e desmatamento anual, para os anos de 2005 a 2019. Exceto 2012.....	30
Figura 17. Correlação entre queimadas e desmatamento anual, para os anos de 2005 a 2019. Exceto 2012.....	30
Figura 18. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2005.....	38
Figura 19. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2006.....	39
Figura 20. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2007.....	40

Figura 21. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2008.....	41
Figura 22. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2009.....	42
Figura 23. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2010.....	43
Figura 24. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2011.....	44
Figura 25. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2013.....	45
Figura 26. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2014.....	46
Figura 27. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2015.....	47
Figura 28. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2016.....	48
Figura 29. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2017.....	49
Figura 30. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2018.....	50
Figura 31. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2019.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dimensão do tamanho dos polígonos de queimadas agrícolas no período de 2005 a 2019.	23
--	----

LISTA DE SIGLAS

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

TM – Thematic Mapper

OLI – Operational Land Imager

RGB – Red - vermelho, Green - verde e Blue – azul

SHP - Shapefile

USGS – United States Geological

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ZEE – Zoneamento Ecológico do Estado do Acre

SEMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente

PRODES – Programa Desmatamento

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTAS DE SIGLAS.....	XI
1 INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	05
2.1 OBJETIVO GERAL.....	05
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	05
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	06
3.1 QUEIMADAS AGRÍCOLAS.....	06
3.2 INFLUÊNCIA DAS SECAS EXTREMAS E CHUVAS NAS QUEIMADAS.....	07
3.3 INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NAS QUEIMADAS.....	08
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	11
4.2 MAPEAMENTO DAS QUEIMADAS AGRÍCOLAS.....	12
4.3 DINÂMICA DAS QUEIMADAS POR MUNICÍPIO.....	16
4.4 RELAÇÃO QUEIMADA COM DESMATAMENTO.....	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5.1 IMPACTO DA ÁREA QUEIMADA NO ESTADO DO ACRE.....	17
5.2 ANÁLISE DAS QUEIMADAS AGRÍCOLAS POR REGIONAIS NO ESTADO DO ACRE.....	19
5.3 ANÁLISE DAS QUEIMADAS AGRÍCOLAS POR MUNICÍPIO PARA O ESTADO DO ACRE.....	23
5.4 CORRELAÇÃO DAS QUEIMADAS COM DESMATAMENTO.....	29
6 CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
APÊNDICES.....	39

1 INTRODUÇÃO

Na Amazônia, as áreas queimadas estão relacionadas com o desmatamento e com o manejo de áreas agrícolas consolidadas (principalmente pastagens). No desmatamento, o fogo é utilizado após o corte raso da floresta, para eliminação da vegetação, sendo posteriormente estas áreas ocupadas com lavouras ou pastagens (NEPSTAD *et al.*, 1998; SHIMABUKURO *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2021). O fogo é considerado a principal ferramenta do homem no campo para a eliminação do material vegetal para o plantio após o desmatamento, manutenção de pastagens ou limpeza de capoeiras (DIAS FILHO 2011; BARLOW *et al.*, 2019). Portanto, a fonte de ignição das queimadas na Amazônia tem causas estritamente antrópicas. Tais causas combinadas a eventos de secas extremas torna-se um fator para que as florestas primárias ou manejadas sejam afetadas com queimadas devastadoras (NEPSTAD *et al.*, 1998; DIAS FILHO 2011; ANDERSON *et al.*, 2017; BARLOW *et al.*, 2019).

As taxas de desmatamento e queimadas na Amazônia têm oscilações de aumento e redução desde o início do monitoramento na década de 80 (INPE, 2020b). Os maiores picos de aumento das taxas de desmatamento na Amazônia foram em 1995 e 2003-2004, que estiveram em declínio até 2012 (Figura 1) (INPE 2020b).

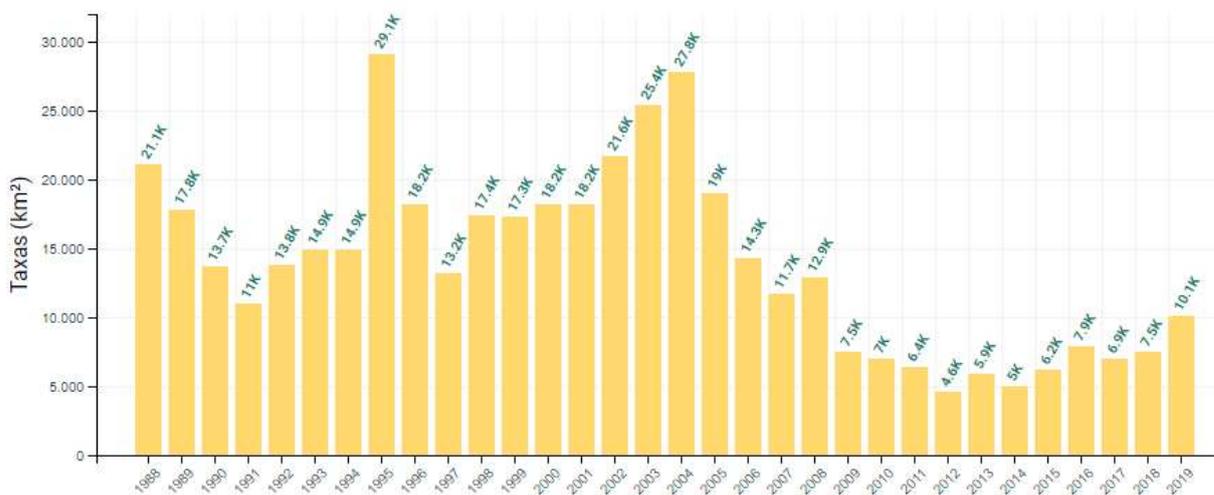


Figura 1. Taxas de desmatamento anual na Amazônia Brasileira.

Fonte: Inpe, 2020b.

No Estado do Acre observamos que houve aumento do desmatamento no início da década de 2000, seguido por uma diminuição e posteriormente um aumento menos acentuado após 2016 (Figura 2a). Este padrão de oscilações de aumento e reduções das taxas anuais,

ocorre tanto para desmatamento como para as queimadas (Figura 2a e 2b). Porém, se observamos o número absoluto ano a ano, tais números não são iguais, todavia a tendência é similar. Entretanto, outros fatores podem contribuir para a maior ocorrência de queimadas e desmatamentos, que são: a implementação de políticas públicas, dinâmicas econômicas e manejo de áreas agrícolas consolidadas (BARLOW *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2021).

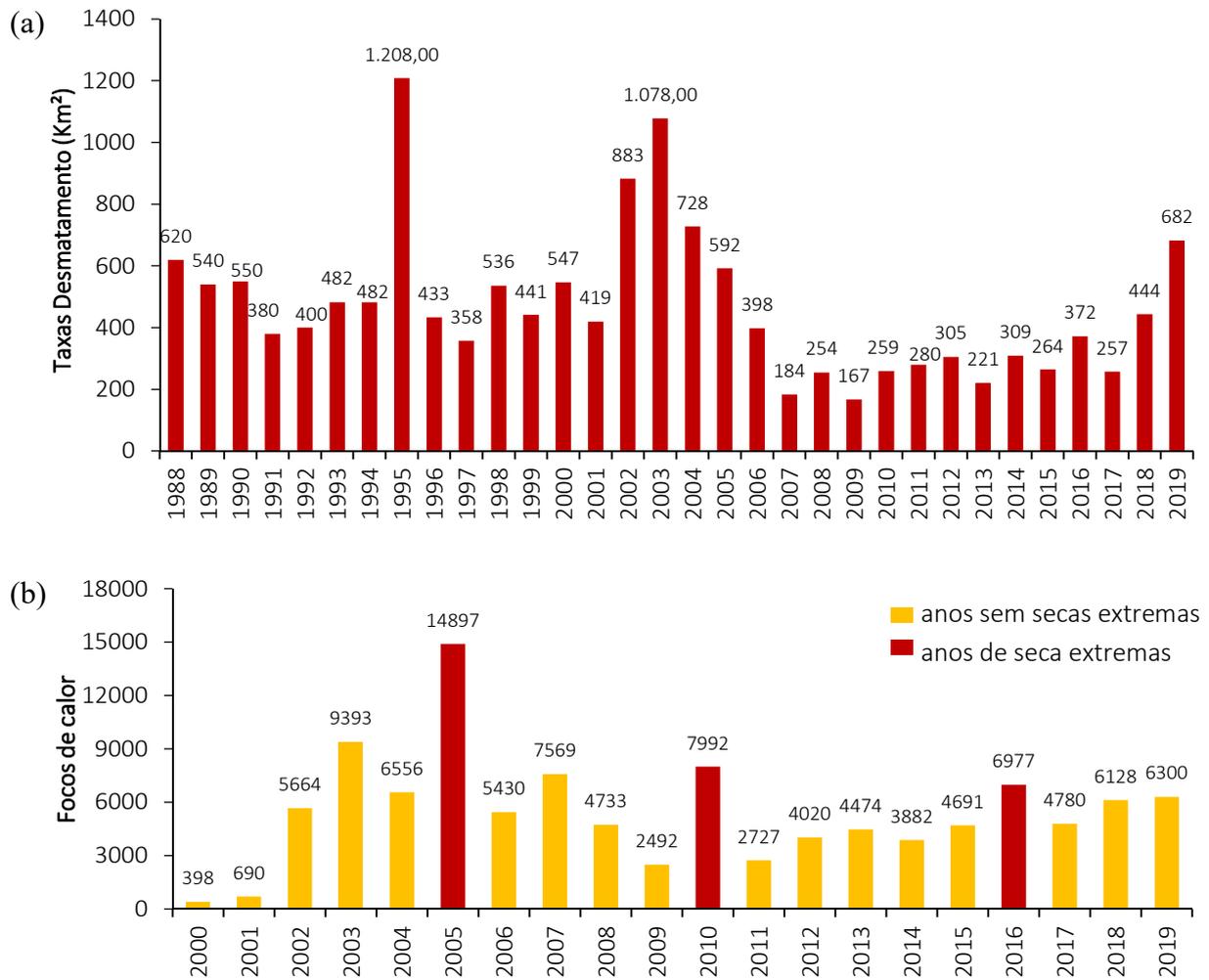


Figura 2. Taxas de desmatamento entre os anos de 1988 a 2019 no estado do Acre (a) e número de focos de queimadas nos últimos 20 anos no Estado do Acre (b).

Fonte: Dados do Programa desmatamento TerraBrasilis do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020b) e do Programa queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020a).

Na Amazônia, o uso do fogo por populações locais é uma prática de manejo comum para eliminação da biomassa em áreas recentemente desmatadas e para manutenção de pastagens. Contudo, em anos de secas extremas, o risco de espalhamento do fogo aumenta, transformando essas queimadas em incêndios descontrolados. Estes incêndios causam

impactos no clima regional e prejudicam o funcionamento dos ecossistemas e sua biodiversidade, além das perdas econômicas e sociais (ANDERSON *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2018). Recentemente um estudo estimou que se o desmatamento continuar crescendo nas florestas amazônicas, até 16% das florestas do sul da Amazônia poderão ser afetadas por incêndios florestais (BRANDO *et al.*, 2020).

Declarações informais de autoridades políticas nos níveis federal e estadual, associadas à redução dos investimentos na aplicação da lei ambiental, em levado a um aumento significativo no desmatamento e queimadas na Amazônia nos últimos anos (THOMAZ *et al.*, 2020). Esse processo culminou com a crise de queimadas e incêndios de 2019 (BARLOW *et al.*, 2019), que afetou a região amazônica, levando a um decreto presidencial tardio, proibindo focos de queimadas/incêndios e permitindo o uso do exército para a aplicação da lei (BRAZIL, 2019). Este cenário reforça a importância do monitoramento constante das queimadas, indicando as dimensões do tamanho das áreas queimadas, que podem apoiar o conhecimento científico, e também a tomada de decisão para prevenção e combate.

A legislação atual presente nos estados amazônicos, a exemplo do Acre, mostra que autorizações para desmatamento e queimadas podem ser emitidas, conforme a Lei 2.156 de 1º de dezembro de 2009, no art. 107. Entretanto, é necessário que a propriedade esteja legalizada perante o Código Florestal Brasileiro. Contudo, a falta de efetividade da fiscalização estadual e/ou federal acaba estimulando processos de desmate e queima ilegal (SCHMITT, 2015). Desta forma, é necessário que fiscalizações e políticas públicas que incentivem a substituição do uso fogo por técnicas e alternativas de produção sustentável, além de conscientizar que a floresta em pé também pode gerar renda (CAMPANHARO *et al.*, 2019).

O conhecimento científico sobre a dinâmica espaço-temporal das queimadas é essencial para traçar estratégias de prevenção e controle. Mesmo com o conhecimento científico sobre focos de calor e sua distribuição, estes dados não permitem dimensionar o tamanho da área atingida pelo fogo, que é fundamental para determinar a extensão de seus impactos. Produtos de áreas queimadas globais também estão disponíveis, no entanto, subestimam as florestas tropicais de terra firme densas, afetadas pelo fogo, isto acontece quando o fogo não atinge o dossel das árvores (ANDERSON *et al.*, 2015; SHIMABUKURO *et al.*, 2017; PESSÔA *et al.*, 2020).

Além dos dados de focos de calor, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), monitora e disponibiliza estimativas de área queimada para todo o Brasil (INPE, 2020a),

porém o grande gargalo do mapeamento é aprimorar as técnicas para mapear pequenos polígonos queimados, realidade em muitos estados da Amazônia, como o estado do Acre. Desta forma, esta pesquisa tem o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a dinâmica das queimadas. Além disso, poderá servir de base para outras pesquisas científicas e subsidiar políticas públicas de prevenção e combate às queimadas, dos governos municipais e estaduais durante secas prolongadas. A popularização dos dados de queimadas junto à sociedade pode contribuir com a sensibilização da sociedade para a problemática que o fogo tem se tornado, principalmente na época do verão amazônico.

Através deste estudo, buscaremos responder as seguintes questões:

- 1 - Qual a distribuição das queimadas agrícolas no período de 2005 a 2019 no estado do Acre?
- 2 - Quais as tendências dos padrões de mudança espacial das queimadas?
- 3 - As queimadas têm correlação com desmatamento?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a dinâmica espaço-temporal das queimadas agrícolas no período de 2005 a 2019 no estado do Acre.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear as queimadas agrícolas do estado do Acre, no período de 2005 a 2019;
- Ranquear os municípios e regionais com maiores taxas ou incidência de queimadas no período de 2005 a 2019;
- Analisar as tendências dos padrões de mudança espacial das queimadas;
- Verificar a relação entre a taxa anual de desmatamento com a taxa anual das queimadas agrícolas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 QUEIMADAS AGRÍCOLAS

O fogo é parte integrante de muitos ecossistemas, os principais atores do processo de corte e queima da floresta para fins agrícolas ou ainda pequenas pastagens, são os pequenos proprietários, indígenas e os povos tradicionais que utilizam o fogo em sistemas de pousio (NEPSTAD *et al.*, 1998; BARLOW *et al.*, 2019). O fogo é um “fator ecológico” determinante do desenvolvimento ou regressão dos sistemas florestais em diversas partes do mundo (GONÇALVES *et al.*, 2020).

De acordo com Carrero e Alves (2016), foram definidos conceitos básicos para o fogo, queimadas e incêndios florestais, sendo: fogo como um fenômeno físico resultante da rápida combinação de oxigênio com um combustível, caracterizado pelo desprendimento de calor, luz e usualmente chama. As queimadas como uma prática florestal ou agropastoril, o fogo é utilizado de forma controlada, atuando como um fator de produção, já o incêndio florestal se caracteriza como sendo todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo ser provocado pelo ser humano mesmo que não seja intencional, ou por fonte natural (e.g., raios).

De acordo com Silva e Lima (2006), a cultura do corte e queima prevalece por ser de baixo custo, para a implantação da lavoura ou pastagens, pois os insumos necessários para recuperação de áreas improdutivas são caros na região acreana. Assim, a atividade agrícola ou pecuária de menor porte se torna, inviável economicamente, pois encarece a produção e a maioria dos agricultores familiares é de baixa renda.

Atividades agropecuárias tem causado grande impacto ambiental. Os incêndios e o volumoso desmatamento nos últimos anos na Amazônia foram altamente denunciados e questionados por ONGs ambientais. Entretanto, apesar da nítida relação da ampliação da fronteira agropecuária com os números de hectares perdidos, os promotores do agronegócio, com o apoio do governo, ignoram, ou até mesmo negam os impactos diretos e indiretos na biodiversidade. No Acre, tais atividades são executadas, em sua maioria por pequenos produtores familiares, sendo caracterizadas de baixo nível tecnológico, ou seja, com pouca utilização de mecanização, corretivos e fertilizantes. Desta forma a atividade se torna dependente da agricultura do corte e queima em áreas de florestas (ACRE, 2010), falta apoio e capacitação por parte das políticas públicas aos produtores, evitando assim os grandes impactos ambientais.

Os focos de queimadas na Amazônia para os meses de julho, agosto e setembro registrados em 2019 foi o maior desde 2010 nesse período de 3 meses. De acordo com o sistema de monitoramento de focos ativos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram registrados até o dia 29 de setembro de 2019 um total de 19.487 focos de queimadas no bioma Amazônico.

No estado do Acre, houve anos com eventos de extrema seca. Alguns anos se destacaram com maior número de focos de calor, foi o caso de 2005 com 14.897 focos de calor, 2003 com 9.393 focos de calor, 2010 com 7.992 focos de calor e 2016 com 6.977 focos de calor (Figura 2b), (INPE, 2020a). Estes focos foram considerados somente para os meses de julho, agosto e setembro que são os meses considerados mais secos do Acre, durante o ano, é neste período que ocorre o verão amazônico.

Segundo Valentim (2005), grande parte dos desmatamentos e queimadas no Acre, tem sido realizado por pequenos produtores. Os produtores têm finalidade de garantir a subsistência da família, geralmente com o plantio de milho, arroz e no ano seguinte, feijão, mandioca e banana. Ainda de acordo com autor, após o pousio de dois ou três anos de uso, as áreas de capoeiras são novamente cortadas e conseqüentemente queimadas, para dar origem às pastagens ou como forma de aumentar o valor de venda da propriedade com área já consolidada. A maioria dos pequenos produtores vê na atividade da pecuária uma poupança, sem risco de confisco e com altos lucros, e passam a desmatar e queimar em maiores escalas, gerando impactos irreparáveis ao meio ambiente.

3.2 INFLUÊNCIA DAS SECAS EXTREMAS E CHUVAS NAS QUEIMADAS

Condições meteorológicas atípicas ampliam o problema das queimadas e incêndios florestais na Amazônia, e a relevante influência que possuem na flamabilidade e suscetibilidade da vegetação ao fogo (VASCONCELOS *et al.*, 2015). O Acre experimentou eventos de seca extrema em 1998, 2005, 2010 e 2016, com déficits hídricos cumulativos máximos de até 300 mm (ARAGÃO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2018).

Durante os eventos de secas extremas que ocorreram em 2005, 2010 e 2015/2016, atuou o El Niño - este é o aquecimento anormal do Oceano Pacífico Tropical. Este fenômeno desenvolveu uma forte influência na redução das chuvas na região da Amazônia. Com a redução, ocasiona impactos na produção agropecuária e estresse hídrico nas florestas, tornando-as propensas a ocorrência e propagação do fogo, com facilidade. (JIMÉNEZ-MUÑOZ *et al.*, 2016; SILVA JUNIOR *et al.*, 2018; SILVA JUNIOR *et al.*, 2019). Outro

fenômeno que atuou foi a Atlantic multidecadal Oscillation (AMO) que é uma variação cíclica da corrente oceânica e atmosférica em larga escala no Oceano Atlântico Norte, que combina alternadamente para aumentar e diminuir a temperatura da superfície do mar do Atlântico (TSM). A AMO está correlacionada com as temperaturas e as chuvas em grande parte do Hemisfério Norte. Através de mudanças na circulação atmosférica, a AMO também pode modular os padrões de chuvas, causando seca, principalmente no Sudoeste da Amazônia, na região do Acre (FONSECA *et al.*, 2017; ARAGÃO *et al.*, 2018).

Lewis *et al.* (2011) e Silva *et al.* (2021) argumentam que mesmo a Amazônia, sendo um ambiente de altos índices pluviométricos e de umidade, ainda assim é um lugar que favorecem as queimadas. Nos últimos anos vem sofrendo frequentes alterações causadas pela sinergia desses eventos e dos desmatamentos que se tornaram mais intensas, proporcionando condições favoráveis à ocorrência de queimadas e às vezes originam grandes incêndios florestais, provocando perdas irreparáveis ao meio ambiente.

Lewis *et al.* (2011) destacam que as secas de 2005 e 2010, podem servir de modelo para avaliar como o Atlantic multidecadal Oscillation (AMO) e Oceano Atlântico Norte, alteram a quantidade e distribuição de chuvas na Amazônia, por sua vez, afetando os padrões espaço-temporais de regiões deixando-as propensas ao fogo em referência as condições climáticas futuras. Ainda de acordo com o autor os anos de 2005 e 2010 foram às secas mais intensas. Conforme Aragão *et al.* (2018), estes eventos, fornecem uma oportunidade única para quantificar a sensibilidade da interação seca-fogo sob a tendência atual de taxas de desmatamento na Amazônia brasileira.

Segundo Araújo *et al.* (2013) as queimadas agrícolas anuais na região amazônica têm contribuído na emissão de CO₂ para a atmosfera, a emissão deste gás potencializa o efeito estufa e propicia condições ambientais ainda mais favoráveis às próprias queimadas agrícolas e incêndios. De acordo com Fearnside (2009), à medida que ocorre o prolongamento da seca, como foi o caso da grande seca de 2005, aumenta as emissões de CO₂ para a atmosfera, em decorrência do aumento dos focos de calor. Geralmente, são queimadas realizadas pelo o homem, na sua grande maioria sem qualquer controle.

3.3 INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NAS QUEIMADAS

Alterações na paisagem têm acontecido de forma rotineira, transformando florestas em grandes áreas de pastagens. Até mesmo agricultura intensiva com áreas de monoculturas como milho, soja, cana-de-açúcar, desta forma a utilização do fogo surge como uma

alternativa associada ao desmatamento e conseqüentemente eliminação do material desflorestado (ROSAN *et al.*, 2017).

Nos últimos anos a Amazônia brasileira vem sofrendo vastas mudanças na sua cobertura florestal, decorrentes principalmente do crescimento e do avanço do desmatamento (SOARES-FILHO *et al.*, 2006). De acordo com o projeto TERRABRASILIS a taxa de desmatamento acumulada, consolidada pelo (PRODES), aponta 15.073 km² de corte raso de 1988 a 2019 (INPE, 2020b). Porém em 2004 houve uma redução de 73%, ano em que o governo federal lançou o Plano para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm), atualmente coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (BRAZIL, MMA, 2013).

De acordo com o projeto TERRABRASILIS na Amazônia Brasileira as estimativas indicam que a área total alterada atinge cerca de 15% da floresta original (INPE, 2020b). As atividades econômicas desenvolvidas no estado do Acre nos últimos anos têm aumentado drasticamente as taxas de desmatamento. Porém na última década, o estado do Acre estabeleceu políticas ambientais para reduzir desmatamento, projetando mecanismos de pagamento por serviços ambientais e criando novos setores governamentais e não governamentais para lidar diretamente com soluções para mitigar desastres na região. Essa estrutura inclui medidas para reduzir as perdas econômicas diretas com desastres, bem como o estabelecimento de técnicas para avaliar perdas associadas a fatores econômicos, patrimônio social, ambiental e cultural (CAMPANHARO *et al.*, 2019).

Estudo de Aragão *et al.* (2018) concluiu que a Amazônia brasileira pode entrar em uma nova fase de uso e mudança da cobertura do solo, na dissociação entre carbono relacionado ao fogo e relacionado ao desmatamento provocado pelas secas recorrentes do século XXI, podem prejudicar a meta brasileira de reduzir as emissões de carbono oriundas de florestas desmatadas.

Segundo Soares-Filho (2006), as causas históricas e atuais do desmatamento na Amazônia estão estreitamente ligadas aos incentivos fiscais, políticas de colonização da terra, que contribuiu para grande e forte migração de nordestinos, principalmente no grande auge da borracha, agravando o desmatamento e nos dias atuais se dá em decorrência da não adoção de alternativas sustentáveis, para recuperação e cultivo da terra pelos produtores rurais, que acabam abrindo novas áreas na tentativa de aumentar sua produtividade, outra atividade que deu sua parcela de contribuição foi à pecuária, vale ressaltar que a abertura de estradas e rodovias e a exploração de madeira ilegal, também tem contribuído.

No Acre normalmente as áreas desmatadas são utilizadas durante 2 ou 3 anos com culturas agrícolas consideradas anuais (mandioca, feijão, milho, arroz e melancia) tem sido desenvolvida de maneira errônea, causando desmatamentos e conseqüentemente queimadas para o cultivo de tais produtos. Além disso, tem-se que 12% das terras são desmatadas e queimadas para ser destinada às culturas perenes (mamão, tangerina, banana, café, laranja, entre outras espécies), isso para pequenas propriedades de terra (ACRE, 2010). Os dados do projeto TerraClass reafirmam que o desmatamento no Acre é sobretudo por conta das atividades de pastagem (67%) e florestas secundárias (áreas abandonadas após agricultura ou pastagem) (EMBRAPA, 2017). Em 2019, o estado tinha 2.259.990 ha (14%) de seu território desmatado (INPE, 2020b).

As políticas públicas governamentais enfraqueceram a capacidade do Brasil cumprir seus compromissos de acabar com o desmatamento ilegal e reduzir o desmatamento em geral, a administração dessas políticas públicas tem debilitado as agências ambientais do país, prejudicando de forma dramática a aplicação das leis que protegem a floresta. É necessário resolverem a raiz do problema, para conter o aumento contínuo do desmatamento e queimadas. Quanto mais áreas desmatadas, mais serão as áreas esperando para serem queimadas. Até que o Brasil efetivamente freie o desmatamento, as queimadas devem aumentar a cada ano, completando a destruição da floresta tropical e intoxicando o ar que milhões de brasileiros respiram (FEARNSIDE, 2019).

Existem fatores determinantes que dificultam as ações de combates a queimadas e desmatamentos ilegais que são: alocação orçamentária, limitação geográfica, barreiras ao licenciamento, fiscalização da queimada controlada, apoio limitado às comunidades por meio de educação ambiental e implementação de técnicas agroecológicas (MORELLO *et al.*, 2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado do Acre possui uma área de 16.423.979 ha, e está localizado na parte sudoeste da Amazônia, dividido em 22 municípios e em cinco regionais administrativas (ACRE, 2010), que são: Regional do Juruá - compreende os municípios de Mâncio Lima, Rodrigues Alves, Cruzeiro do Sul, Porto Walter e Marechal Thaumaturgo; Regional Tarauacá/Envira - compreende os municípios de Tarauacá, Feijó e Jordão; Regional do Purus - compreende os municípios de Santa Rosa do Purus, Manoel Urbano e Sena Madureira; Regional do Baixo Acre - compreende os municípios de Bujari, Porto Acre, Acrelândia, Senador Guiomard, Plácido de Castro, Rio Branco e Capixaba; e Regional do Alto Acre - compreende os municípios de Assis Brasil, Brasiléia, Epitaciolândia e Xapuri (Figura 3).

O território acreano é quase todo recoberto por formações de planície, que raramente alcançam 300 metros de altitude. A planície amazônica alcança a porção sul do estado e as altitudes muito baixas fazem com que alguns autores classifiquem essa formação como uma depressão relativa. Nas terras mais ao sul do estado, o relevo permanece plano, no entanto as altitudes são um pouco mais elevadas. Os terrenos acreanos são formados essencialmente por rochas sedimentares, com predominância de arenitos (ACRE, 2010).

O clima característico do Acre é o equatorial, que apresenta durante todo o ano altas temperaturas e elevada umidade. De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o clima local é Af (sem estação seca) e Am (monções), com temperaturas médias anuais entre 22 °C e 26 °C e precipitação anual entre 2200 mm e 2500 mm (ACRE, 2010). Os moradores locais classificam as estações do ano em verão e inverno. Os meses chuvosos, de setembro a maio correspondem ao inverno, que ao contrário do que poderíamos imaginar, ainda possui altas temperaturas. O verão, nos meses de junho, julho e agosto é o verão amazônico, a estação mais seca. O clima apresenta baixa amplitude térmica – ou seja, as temperaturas variam pouco entre a mínima e a máxima (ACRE, 2010).

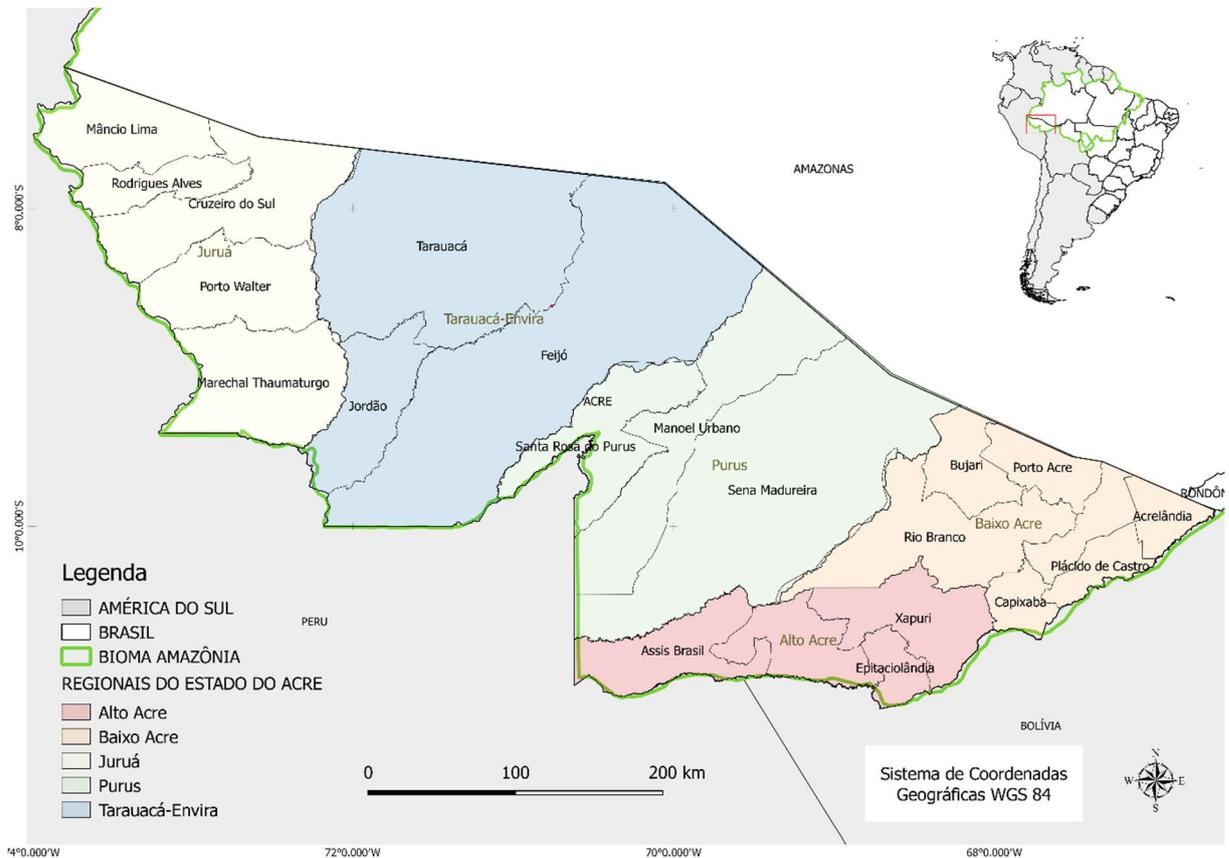


Figura 3. Localização do estado do Acre, sudoeste da Amazônia.

4.2 MAPEAMENTO DAS QUEIMADAS AGRÍCOLAS

O mapeamento das áreas queimadas foi baseado na classificação supervisionada em imagens do satélite Landsat para os 14 anos. Para o período de 2005 a 2011 foram utilizadas imagens do Landsat 5 TM (*Thematic Mapper*) bandas RGB 3/4/5 e para o período de 2013 a 2019 foram utilizadas imagens do Landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*) bandas RGB 4/5/6. Para o ano de 2012 não produzimos estimativa de área queimada devido a paralisação do Landsat 5 em novembro de 2011 e Landsat 8 somente ter entrado em operação em fevereiro de 2013. Mesmo com o Landsat 7 em operação em 2012, este apresenta falhas no imageamento, que compromete o mapeamento e análise do histórico das queimadas. Dessa forma, não existem imagens disponíveis. Utilizamos o *software ArcGis Pro*, para realizar a composição colorida da imagem (RGB) e Shp das imagens a partir do arquivo kml, gerado no *Google Earth Engine*. Também se realizou a edição dos polígonos queimados no *software ArcGis Pro*.

As imagens foram acessadas gratuitamente do site americano *United States Geological Survey* - (USGS), na plataforma *Earth explorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), sendo três imagens por ano entre julho e outubro, período do verão amazônico, onde há condições climáticas e antrópicas para ocorrência de queimadas. Para recobrimento do estado do Acre foi necessário à análise de 15 cenas (Figura 4), totalizando análise em torno de 600 a 630 imagens Landsat neste estudo.

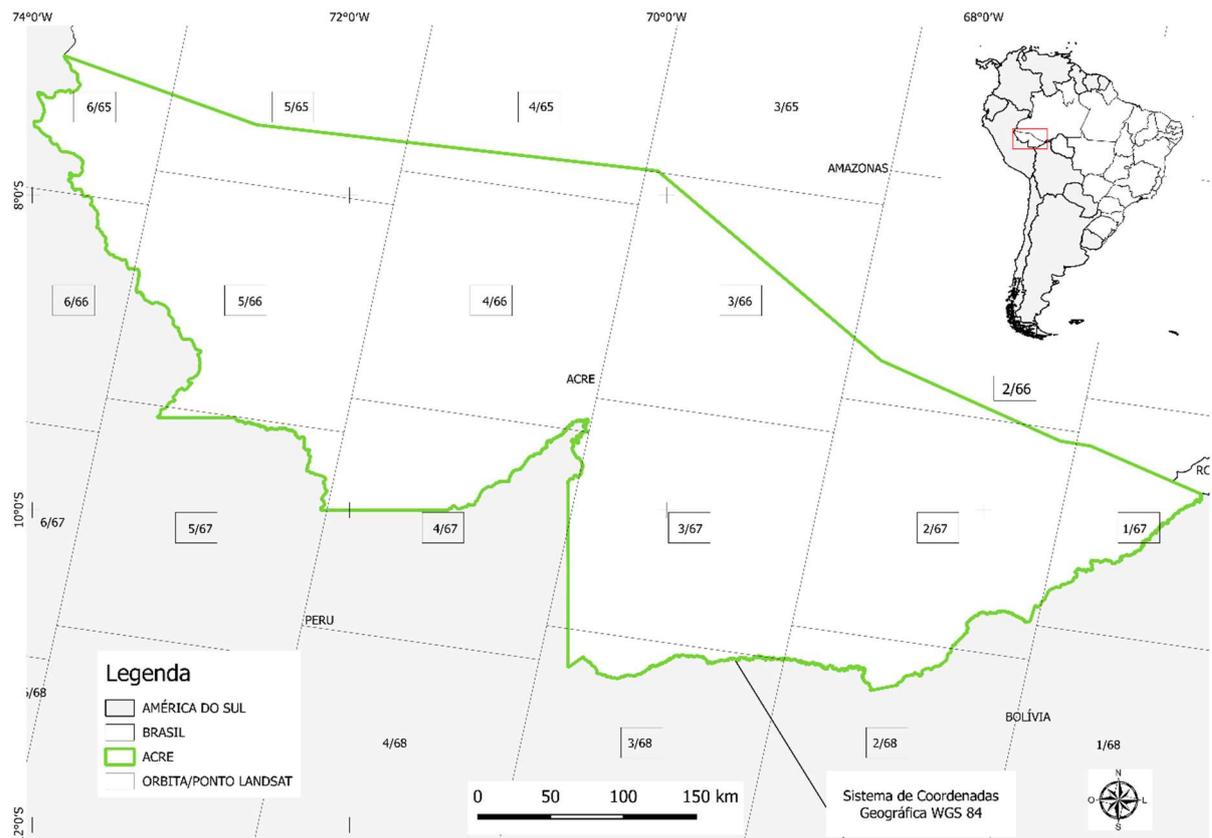


Figura 4: Cenas do satélite Landsat abordadas neste estudo, para o estado do Acre, no período de 2005 a 2019.

Utilizou-se o método de classificação supervisionada de distância mínima (ABINAYA et al., 2019), com processamento em uma plataforma em nuvem no *Google Earth Engine* com base em imagens de refletância com livre acesso, onde está disponível grande catálogo de imagens de satélites (GORELICK et al., 2017; RAMO et al., 2018). O classificador compara a distância euclidiana de cada pixel com a média de cada grupo. Foram utilizadas quatro classes: floresta intacta, água, desmatamento e cicatriz de queimada, com no mínimo 20 amostras por classe (Figura 5).

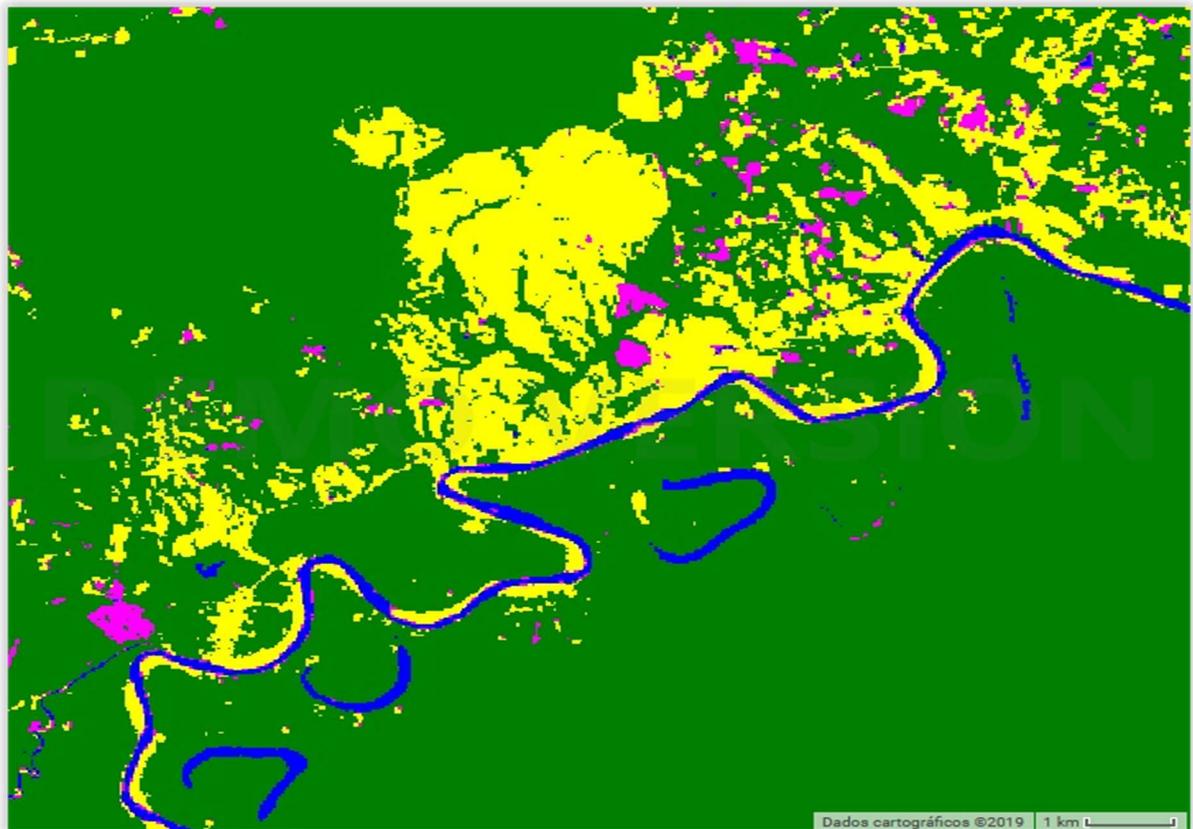


Figura 5. Exemplo de imagem classificada no *Google Earth Engine*, onde a cor verde representa floresta, cor azul representa água, cor rosa representa áreas queimadas e cor amarelo representa áreas desmatadas consolidadas e recentes.

A validação do mapeamento das queimadas foi realizada com pontos de campo e pontos aleatórios. Vinte e nove pontos de campo foram coletados entre 2 e 28 de agosto de 2019 ao longo da rodovia federal BR 364, esses pontos reais são marcados a fim de verificar se a área foi queimada mesmo ou não, conforme observado nas imagens de satélite. Os pontos aleatórios foram distribuídos entre áreas não queimadas e queimadas, de acordo com o mapeamento das queimadas nas imagens de satélite que recobrem o Estado do Acre, totalizando 1.000 e 1.500 pontos, respectivamente. Os pontos reais foram coletados com a utilização de GPS por pessoa em campo. Esses pontos aleatórios foram verificados ponto a ponto por uma Doutora com experiência na interpretação no mapeamento de cicatrizes de queimadas. A avaliação da precisão geral da classificação e estimativa de erros de omissão e comissão foi realizada usando uma matriz de erro, conforme proposto por (ANDERSON *et al.*, 2017). A precisão geral das estimativas de área queimada foi de 98,5% (97,9% –99,0%), (SILVA *et al.*, 2021).

Após a classificação supervisionada, a área mínima mapeada foi definida em 0,5 ha, representando 5 pixels contíguos, destacado em vermelho (Figura 6). Polígonos menores que este tamanho, foi excluído da análise por apresentarem menor confiabilidade devido à resolução espacial do sensor utilizado.

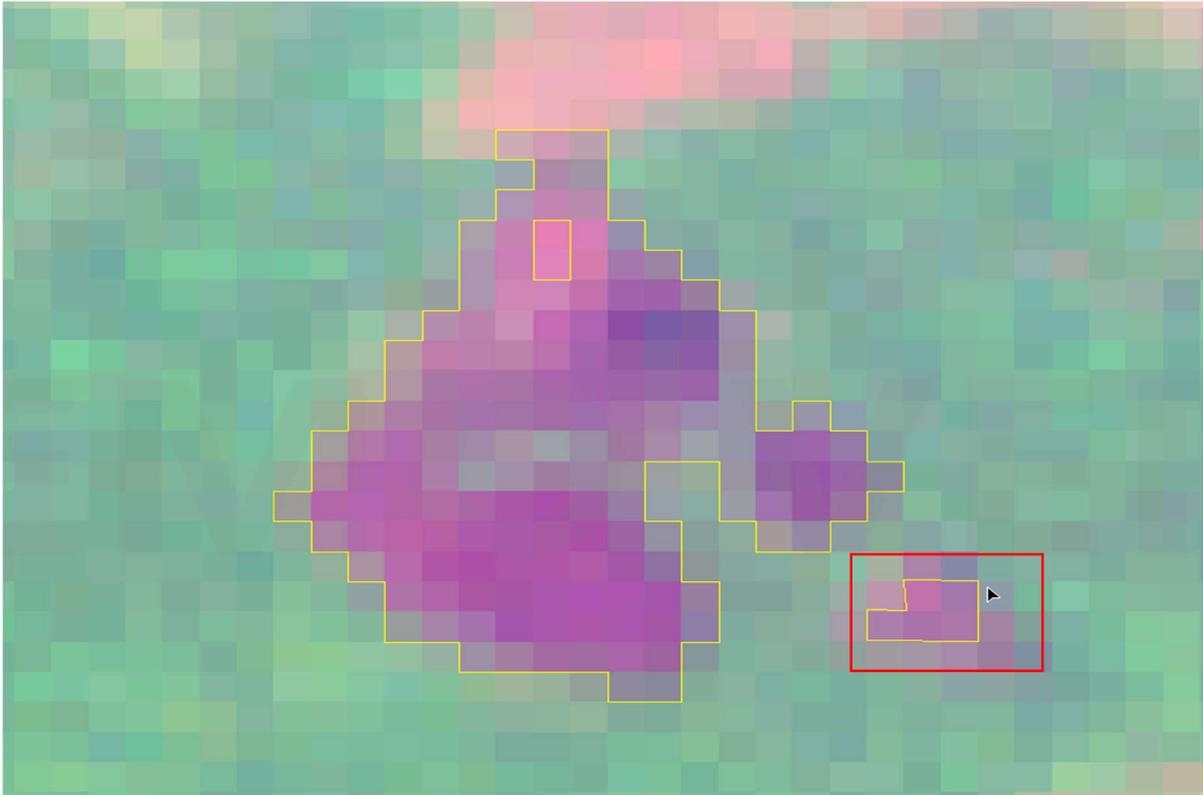


Figura 6. Exemplo do mapeamento da área queimadas após definição da área mínima de 0,5 ha, destacado pelo retângulo vermelho. Ao fundo imagem do satélite Landsat 8 com composição RGB 654 e polígonos de cor amarelo são as áreas queimadas mapeadas.

Foram geradas estatísticas descritivas após a conclusão do mapeamento de área queimadas para o Estado do Acre, como: área total por ano de 2005 a 2019, número de polígonos, área anual por classes de tamanho dos polígonos, 0-5, 5-10, 10-50, 50-100 e ≥ 100 ha, média anual da área queimada entre os anos indicados na literatura com ocorrência e sem ocorrência de eventos extremos de secas, variação percentual entre o último ano monitorado (2019) e o ano anterior (2018), a fim de verificar a variação entre esses dois últimos anos. Também se analisou a variação entre o último ano monitorado (2019) e o primeiro ano de monitoramento (2005).

4.3 DINÂMICA DAS QUEIMADAS POR MUNICÍPIO E REGIONAIS

Realizou-se a união do mapeamento das cicatrizes de queimadas agrícolas com os limites municipais do estado do Acre disponibilizado gratuitamente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) atualizado em 2015 (IBGE, 2016) e com as cinco Regionais Administrativas (ACRE, 2010). Após a união dos polígonos de queimadas foram geradas estatísticas descritivas como: área total de queimada para cada município por ano, média anual das áreas queimadas entre os anos indicados na literatura com ocorrência e sem ocorrência de eventos extremos de secas e a variação do percentual entre o último ano monitorado (2019) e o ano anterior (2018) seguindo a equação:

$$\text{variação} = (X_i - X_{ii}) * 100 / X_i$$

Onde: X_i = área queimada do ano 2019; X_{ii} = área queimada em ano anterior, sendo 2005 e também para 2018 em relação ao ano de 2019).

4.4 RELAÇÃO QUEIMADA COM DESMATAMENTO

Foram utilizados os dados do Projeto PRODES/INPE para estimar o desmatamento no estado do Acre. Este projeto realiza o monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso na Amazônia legal e produz, desde 1988, as taxas anuais de desmatamento para toda Amazônia (INPE, 2020b).

Visando compreender a relação das queimadas com o desmatamento, foi realizada análise de correlação entre as áreas queimadas anuais e os desmatamentos anuais por município para o período de 2005 a 2019. A análise foi realizada no software RStudio (RSTUDIO, 2022). Anteriormente, foram observados os pressupostos para a escolha do teste adequado, assim foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk (TORMAN *et al.*, 2012) nas variáveis e nos resíduos, e verificações dos *outliers* e homoteticidade da amostra. Verificados os pressupostos, foi realizado o teste de correlação de Spearman (AKOGLU, 2018) ao nível de significância $\alpha=5\%$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 IMPACTO DA ÁREA QUEIMADA NO ESTADO DO ACRE

Foram mapeados 14 anos da história recente das queimadas agrícolas no estado do Acre. As queimadas totalizaram 1.968.963 ha, tendo quatro anos com queimadas anuais acima do total de 150 mil hectares. O ano de 2005 teve a maior quantidade de área anual queimada, registrando cerca de 520.542 ha (26% do total mapeado). O segundo ano com a maior área queimada foi 2010 com área total de 229.924 ha (12% do total), seguido pelo ano de 2019 com área total de 180.294 ha (10% do total) e o ano de 2016 com área total de 173.236 ha (9% do total). Apenas esses quatro anos representam mais da metade das queimadas totais no Acre no período, cerca de 56%. Os anos com menor área queimada foram os anos de 2009 (3% do total), 2011 (3% do total) e 2013 (3% do total) (Figura 7 e Figura 8).

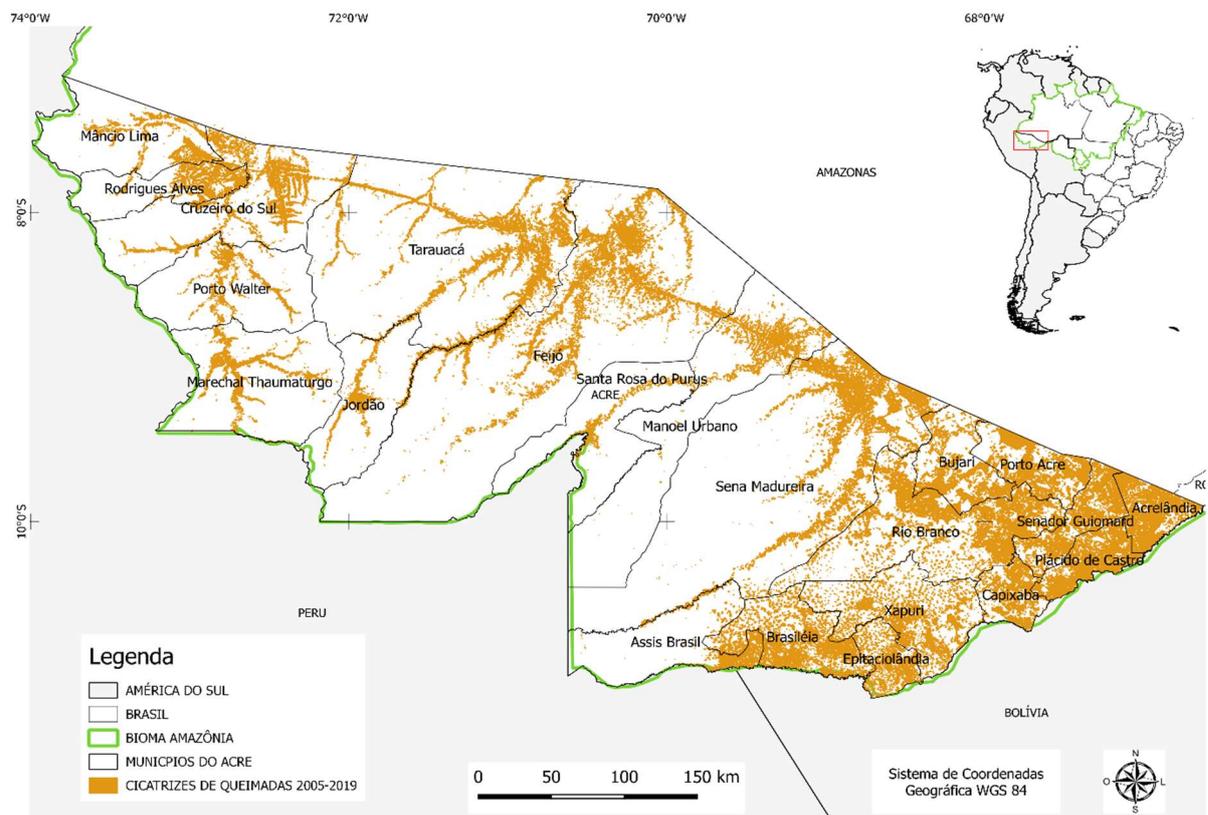


Figura 7. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre no período de 2005 a 2019.

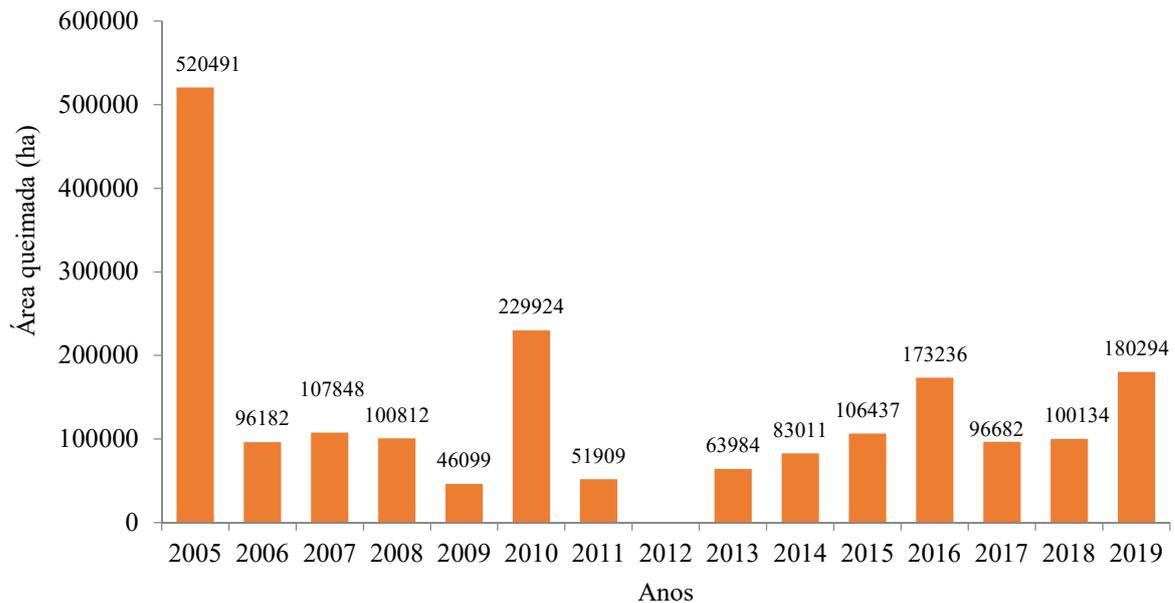


Figura 8. Histórico de queimadas mapeadas para os anos de 2005 a 2019 e área total em hectare por ano, exceto 2012.

Observação: O ano de 2012 não foi mapeamento por somente ter disponível imagens do satélite Landsat 7, que apresenta falhas no imageamento.

O Fogo conforme visualizado na Figura 7, onde as queimadas tiveram a maior concentração em sua grande totalidade na região sul/sudeste do estado, região onde está a capital Rio Branco. Outro fator que tem contribuído é criação de bovinos em grandes fazendas na regional do baixo Acre, que compreende Rio Branco, Bujari, Porto Acre, Senador Guiomard, Acrelândia, Plácido de Castro e Capixaba, onde atividade agropecuária tem sido bastante atuante.

Estes resultados trazem uma relevante contribuição, que se soma aos dados já disponíveis do INPE, onde o mesmo através do programa de queimadas detecta o fogo ativo “pixels quente” (INPE, 2020a) que está acontecendo do momento que o satélite passa fazendo o imageamento, porém não se sabe o tamanho dos polígonos queimados (área-ha), desta forma os resultados deste estudo mostram exatamente o tamanho das áreas afetadas, além do mais os dados de queimadas têm maior precisão devido a maior resolução espacial com a qual as queimadas são mapeadas. Sendo 70 m contra 1 Km nos dados do INPE (INPE, 2020a). Os dados deste estudo permite visualizar os pixels queimados.

Os resultados encontrados por Reis *et al.* (2019) mostram que o maior número de focos de queimada está concentrados nos meses de agosto e setembro, final da estação seca. Este fator ocorre em razão das práticas de manejo da terra, em que a vegetação se torna mais propensa ao fogo e possibilita o início e a manutenção da queimada para a limpeza e a preparação da terra até o início da estação chuvosa em novembro, normalmente é neste período que ocorre o plantio dos roçados dos agricultores.

As queimadas podem ter como principais vetores manejo do uso da terra (desmatamento, pecuária ineficiente, agricultura, entre outros) e as secas severas (BARLOW *et al.*, 2019). Nos anos de 2005, 2010 e 2016 foram registradas secas extremas causadas pelo El Niño e Aquecimento Anômalo do Oceano Atlântico (ARAGÃO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2018), ocasionando uma maior quantidade de queimadas em decorrência de um período mais seco na região Amazônia. E podem também estar atreladas às mudanças nos posicionamentos do poder público na prevenção da degradação das florestas, em especial no combate às queimadas na Amazônia (FERRANTE e FEARNSIDE, 2019). As queimadas agrícolas têm aumentado devido ao crescimento das taxas de desmatamento, não só no estado do Acre, mas em toda Amazônia. A tendência para o futuro é um aumento do desmatamento, contribuindo para um ambiente de fácil propagação do fogo (BARLOW *et al.*, 2019; BRANDO *et al.*, 2020).

Em 2012 ocorreu a revisão do Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2021), despertando uma preocupação concernente a não obrigatoriedade, para algumas regiões do Brasil, de recuperação de áreas desmatadas ilegalmente até 2008 que excederam o limite legal, em propriedades de 40 ha a 440 ha. Desta forma, regiões com menor proporção de cobertura florestal, podem ser mais propensas à degradação pelo fogo, exceto as regiões que possuam uma boa política de combate e prevenção de queimadas. Há necessidade de garantir baixos níveis de fragmentação na Amazônia brasileira, a fim de evitar a degradação de suas florestas e áreas agrícolas pelo fogo, e suas respectivas emissões de carbono (SILVA JUNIOR *et al.*, 2018).

5.2 ANÁLISE DAS QUEIMADAS AGRÍCOLAS POR REGIONAIS ADMINISTRATIVAS NO ESTADO DO ACRE

O mapeamento das cicatrizes de queimadas mostra que a regional administrativa com maior área queimada no período foi a regional do Baixo Acre com 855.973 ha (44% do total), seguido pela regional Tarauacá/Envira com área 323.434 ha (16%), e a regional Purus com

área 314.981 ha (16%), seguido do alto Acre com área 246.460 (13%) e Juruá com área 220.045 ha (11%) (Figura 9 e Figura 10). Os resultados mostraram que o número de queimadas apresenta um aumento na direção Leste – Oeste do estado, porque na região leste do estado do Acre apresenta maior desenvolvimento regional em relação às demais regiões, contribuindo para maior número de áreas queimadas.

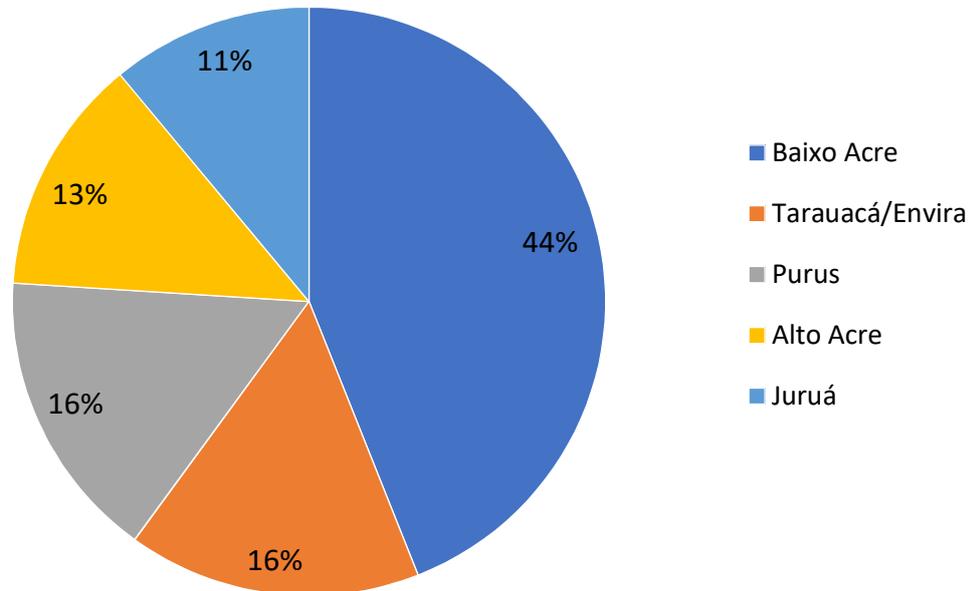


Figura 09. Porcentagem da área queimada nos anos de 2005 a 2019 nas Regionais do Acre. Exceto 2012.

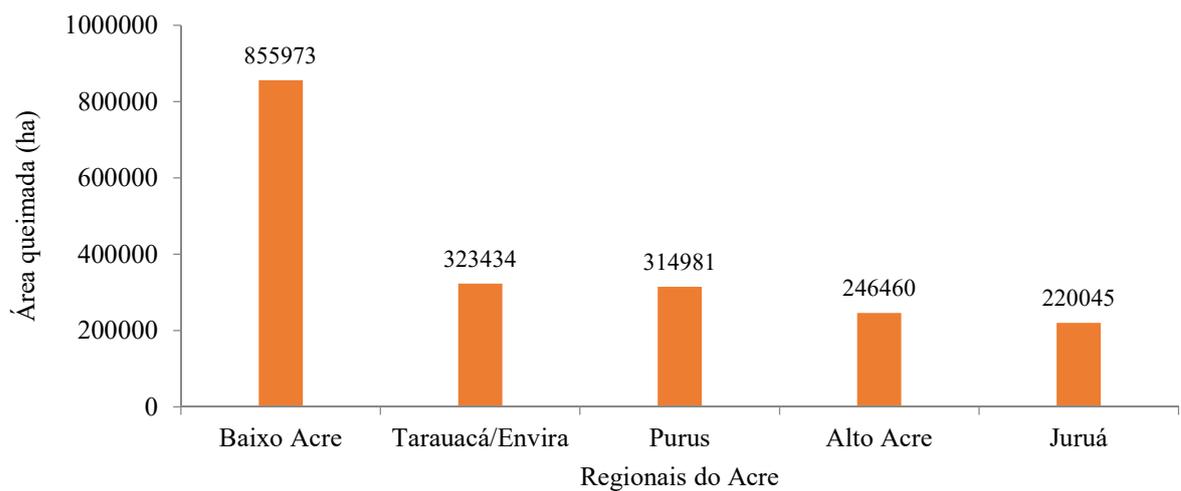


Figura 10. Queimadas nas regionais mapeados para os anos de 2005 a 2019, exceto 2012.

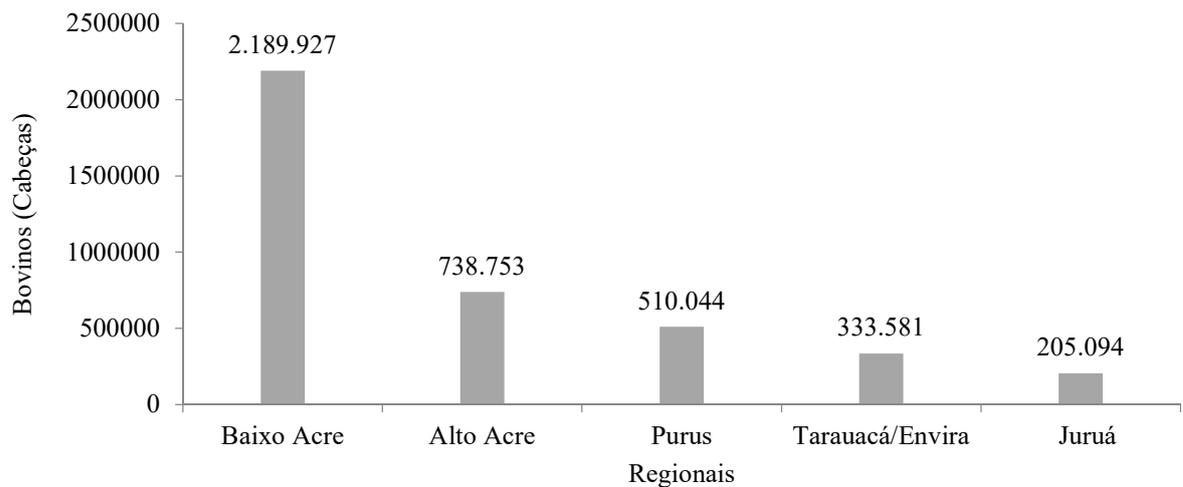


Figura 11. Quantidade de Bovinos (cabeças) por Regional Administrativa do estado do Acre.
Fonte: IBGE, 2020.

A regional do Baixo Acre, historicamente apresenta uma quantidade de desmatamentos superior às demais regionais do Acre, porque é uma região mais quente, mais urbanizada, também uma região com acesso mais próximo de outros estados do Brasil e países, sendo assim fator decisivo (representa 43% do desmatamento do Acre) (INPE, 2020b). Assim, sendo os desmatamentos um fator relevante sobre as queimadas, esta região queimou mais por ter áreas mais impactadas por atividades antrópicas, como pastagens, o que se explica a grande quantidade de cabeças de bovinos presentes nessa regional, totalizando 2.189.927 bovinos (Figura 11) (IBGE, 2020). As secas extremas são um dos vetores que podem aumentar as queimadas (ARAGÃO *et al.*, 2007).

No ano de 2005 a regional com maior número de queimadas foi a regional Baixo Acre e a menor quantidade de queimadas ocorreu na regional do Juruá (Apêndice, Figura 18). Em 2006 a maior quantidade de queimadas ocorreu no Baixo Acre e a menor ocorreu na regional do Alto Acre (Apêndice, Figura 19). Enquanto em 2007, a maior queima foi na regional do Baixo Acre e a menor ocorreu na regional do Alto Acre (Apêndice, Figura 20). Já em 2008 a maior queima ocorreu na regional do Baixo Acre e a menor ocorreu na regional de Tarauacá/Envira (Apêndice, Figura 21). Para 2009 a maior queima ocorreu na regional do Baixo Acre e a menor ocorreu na regional Tarauacá/Envira (Apêndice, Figura 22). Em 2010 a maior queima ocorreu na regional do Baixo Acre e a menor ocorreu na regional do Alto Acre (Apêndice, Figura 23). No ano de 2011 a maior queima ocorreu na regional do Baixo Acre e a menor ocorreu na regional do Purus (Apêndice, Figura 24).

Em 2013 a maior queima ocorreu na regional de Tarauacá/Envira e a menor ocorreu na regional do Alto Acre (Apêndice, Figura 25). Em 2014 a maior queima ocorreu na regional do Baixo Acre e a menor ocorreu na regional do Alto Acre (Apêndice, Figura 26). Já em 2015 a maior queima ocorreu na regional do Baixo Acre e a menor ocorreu na regional do Juruá (Apêndice, Figura 27). Para o ano 2016 a maior queima ocorreu na regional do Baixo Acre e a menor ocorreu na regional do Alto Acre (Apêndice, Figura 28). No ano de 2017 a maior queima ocorreu na regional do Juruá com 23.718 ha, e a menor ocorreu na regional do Alto Acre (Apêndice, Figura 29). Já em 2018 a maior queima ocorreu na regional de Tarauacá/Envira com e a menor ocorreu na regional do Alto Acre (Apêndice, Figura 30) e em 2019 a maior queima ocorreu na regional do Baixo Acre e a menor ocorreu na regional do Juruá (Apêndice, Figura 31).

Verificou-se que as queimadas ocorrem principalmente ao longo dos rios e principais rodovias do Acre, são nessas áreas que geralmente encontra-se maior concentração de pessoas morando e costumam implantar seus roçados para plantios, abertura de novas pastagens para no momento da colheita facilitar o transporte dos produtos agrícolas e bovinos (Apêndice, Figuras 18 a 31).

Resultados encontrados neste estudo são similares aos resultados encontrados nos estudos de Rosan *et al.* (2017) e Lima *et al.* (2017), em que as localidades de maior densidade de focos de calor apresentam faixa com tonalidade mais intensa de laranja, o que nos leva a inferir que há uma maior concentração de focos de calor nas margens das rodovias federais e ao longo da principal rede hidrográfica que também são vias de acesso e transporte do escoamento da produção da agricultura familiar, sendo um vetor importante do desmatamento e queimadas no estado, portanto, áreas mais propensas ao fogo.

As queimadas nos anos de secas extremas (2005, 2010 e 2016) observadas neste estudo, apresentaram uma média anual de queimadas maior (313.668 ± 186.300 ha) quando comparadas com os demais anos (85.472 ± 22.200 ha) (Tabela 1). A quantidade de polígonos e seu tamanho médio das queimadas agrícolas por ano demonstram a criticidade dos anos de 2005, 2010, 2016 (Tabela 1). Em 2005, 2010 e 2019, foram mais de 30 mil polígonos de queimadas agrícolas, com área média entre 6-17 ha, polígonos com tamanho máximos entre 1.537 ha e 16.665 ha. Esses polígonos, geralmente estão ligados à pecuária extensiva, ou seja, grandes áreas de pastagens, e é possível que nesses anos destacados tenham-se aumentado a quantidade de pastagens agrícolas e também as áreas desmatadas favorecendo o aumento de queimadas em todo estado do Acre (EMBRAPA, 2017).

Em 2019, especificamente as queimadas se concentraram na regional do Baixo Acre, onde as maiores áreas estavam localizadas na tríplice fronteira, entre Brasil, Peru e Bolívia. Uma seca de maior intensidade foi observada nesta região, com déficit hídrico no período de julho a setembro de 240mm (SILVA *et al.*, 2021).

Tabela 1. Dimensão do tamanho dos polígonos de queimadas agrícolas no período de 2005 a 2019. Os textos destacados em negrito representam os anos com maior área total anual queimada.

Ano	Polígonos	Mín. (ha)	Média (ha)	Des. Padrão	Máximo (ha)	Total (ha)
2005	31.153	0,5	16,7	202,0	16.665	520.491
2006	17.461	0,5	5,3	29,1	2484	93.053
2007	20.591	0,5	5,2	17,1	748	107.887
2008	22.530	0,5	4,5	20,2	1667	100.812
2009	12.959	0,5	3,6	12,6	955	46.099
2010	32.594	0,5	7,1	36,7	3.597	229.924
2011	13.957	0,5	3,7	18,5	1.766	51.909
2013	18.772	0,5	3,4	13,3	1.354	63.984
2014	22.712	0,5	3,7	10,0	1.021	83.011
2015	24.477	0,5	4,3	10,3	493	106.437
2016	27.214	0,5	6,4	22,7	1.582	173.236
2017	23.427	0,5	4,1	9,9	448	96.682
2018	25.361	0,5	3,9	9,5	577	100.134
2019	30.079	0,5	6,0	18,7	1.537	180.294

5.3 ANÁLISE DAS QUEIMADAS AGRÍCOLAS POR MUNICÍPIO PARA O ESTADO DO ACRE

Os municípios que mais aumentaram suas áreas queimadas na variação 2019/2018, foram os municípios: Assis Brasil (89%), Manuel Urbano (75%), Brasiléia (68%), Sena Madureira com (63%) e o município de Plácido de Castro (58%), apenas 2 municípios queimaram menos em 2019 em relação 2018 que foi Rodrigues Alves (-69%) e Mâncio Lima (-30%) (Figura 12). Resultado semelhante Silva *et al.* (2021) encontraram em seu estudo para o município de Assis Brasil na região do Alto Acre, um caso extremo onde, em 2016 e 2019,

20% a 24% da área desmatada foi afetada por queimadas, respectivamente, neste estudo também foi o município mais afetado pelas queimadas.

Fearnside (2019) afirma que o aumento das taxas do desmatamento em 2019 pode ser creditado ao governo atual, mesmo tendo oscilações nas taxas anuais desde 2012, o aumento na taxa anual em 2019 foi recorde, sendo duas vezes maior que as taxas de 2013 e 2016. Desde então, não parou de aumentar, a exemplo o estado do Acre em 2019 teve taxa recorde com 682 km², esse aumento se repetiu em 2020 com 706 km² e 2021 com 871 km² (INPE, 2022). Os discursos governamentais influenciaram de forma negativa desmatadores a desprezar as leis ambientais e que qualquer multa seria perdoada e o regulamento seria mais relaxado, levando a um aumento significativo das queimadas no ano de 2019 (KLINGLER e MACK, 2020). Áreas antropizadas com pastagem e culturas temporárias implementadas na agricultura do corte-queima, também desempenham um papel relevante na propagação do fogo, onde a pecuária extensiva tem predominado que é outro paralelo com o desmatamento (DIAS FILHO, 2011; GODAR *et al.*, 2014; CANO-CRESPO *et al.*, 2015).

Os maiores aumentos de percentual queimados em 2019 em relação ao ano de 2005, quando comparado os dois anos, ocorreram no município de Jordão (38%), Santa Rosa do Purus (27%), Feijó (19%), Manuel Urbano (14%) e Assis Brasil (5%) (Figura 12). No ano de 2019 em relação ao ano de 2005 tivemos alguns municípios que queimaram menos, que foram: Plácido de Castro (-1.547%), Senador Guimard (-1.423%), Epitaciolândia -(840,8%), Acrelândia (-754%) e Porto Acre (-455%), respectivamente (Figura 12).

As mudanças institucionais e os discursos anti-ambientais, contribuíram para aumento do desmatamento, conseqüentemente um número maior de queimadas distribuídas no Estado do Acre. No entanto, o governo atual tentou reverter, decretando uma moratória aos incêndios, que por 60 dias, isto ocorreu em agosto de 2019, sendo tarde e sem efeito, também uma proibição de queimadas foi decretada por 120 dias em 2020, em decorrência da pressão imposta pelos países como Alemanha, Noruega, entre outros, que enviam recursos para reduzir o desmatamento e manter a fiscalização (BRASIL, 2019).

O aumento e diminuição das queimadas ao longo dos 14 anos estudados nos 22 municípios evidencia grande dinâmica do fogo, variando o impacto do fogo, conforme as vias de acesso, municípios com mais acesso por estradas tem apresentado maiores taxas de queimadas em relação aos municípios mais isolados, onde o acesso se dar somente por rios, dificultando o transporte de produção em grande escala seja oriundo da pecuária ou agricultura extensiva.

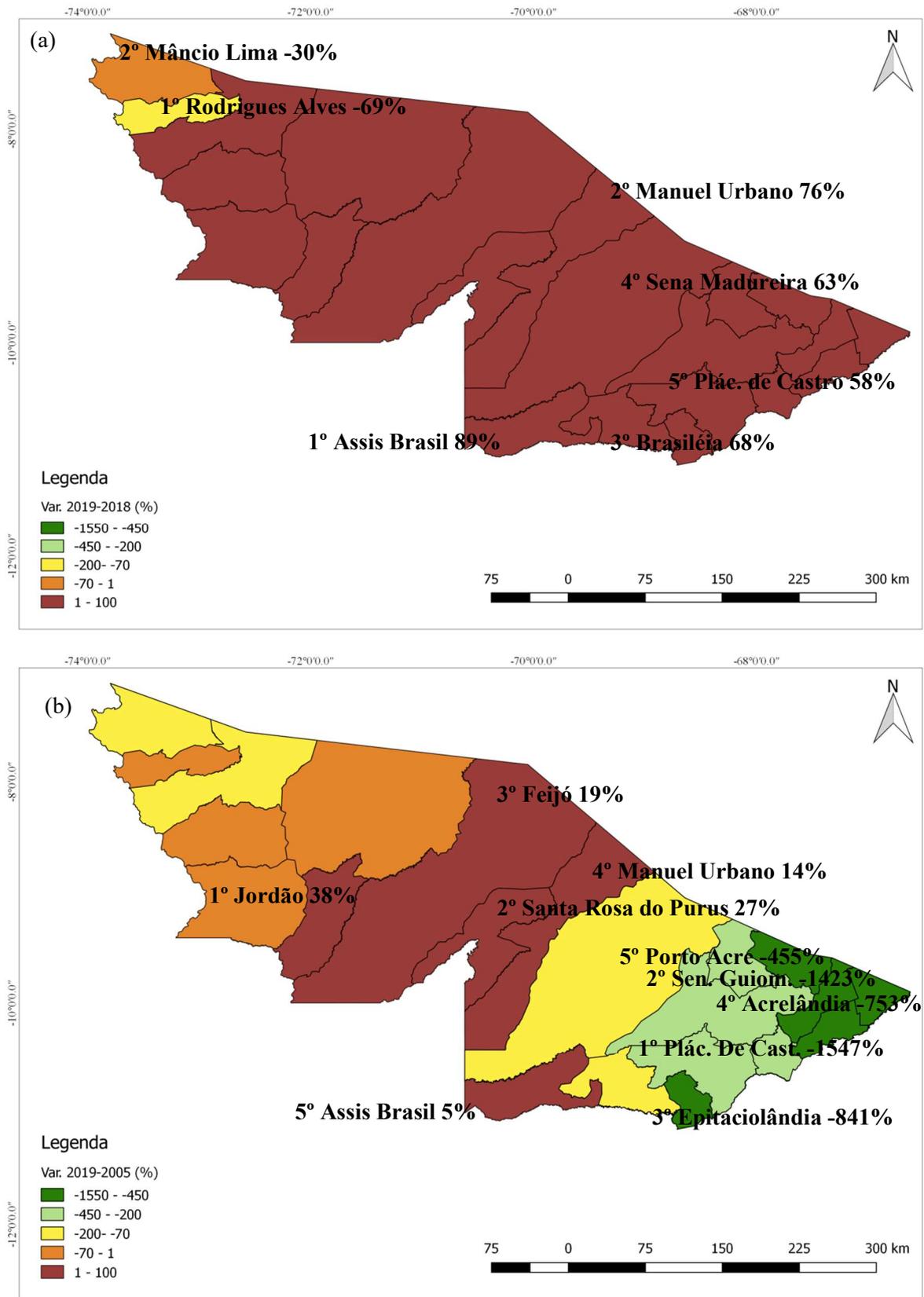


Figura 12. Espacialização das variações de aumento ou redução da áreas queimadas por município entre 2018-2019 (a) e 2005-2019 (b). Exceto 2012.

Verificou-se os municípios que mais queimaram ao longo dos 14 anos de estudo, onde se destaca na 1ª posição o município de Rio Branco com 242.887 ha, em 2ª posição o município de Sena Madureira com 234.315 ha, 3ª posição município de Feijó com 184.978 ha, em 4ª posição município de Plácido de Castro com 123.751 ha e em 5ª posição município de Acrelândia com 121.053 ha, esses foram os que apresentaram maior criticidade de 2005 a 2019 (Figura 13). A política de desmatamento iniciada em janeiro de 2019, sob a direção do governo presidencial, distorce a abordagem de sucesso de 2004 a 2012, onde com a implementação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAM), combinado aos fatores macroeconômicos, promoveu a redução do desmatamento na Amazônia Brasileira em 84% de declínio que terminou em 2012 (BARLOW *et al.*, 2019; WEST *et al.*, 2019; WEST & FEARNSSIDE *et al.*, 2021). Isso significa que há urgência de uma política ambiental bem planejada para atuar no combate de crimes ambientais.

Um fator observado nos três municípios que lideram as queimadas neste estudo (Figura 13), é que estão entre os municípios com grandes quantidades de bovinos, conseqüentemente áreas de pastagens, sendo Rio Branco o rebanho de 529.562 bovinos (cabeças), Sena Madureira 437.304 bovinos e Feijó 162.670 bovinos, no entanto alguns municípios não apareceram entre os que mais queimam, porém são grandes produtores de bovinos, totalizando no estado do Acre 3.977.399 bovinos (Figura 14) (IBGE, 2020). Já nos municípios mais isolados como foi o caso do Jordão, Porto Walter, Santa Rosa do Purus e Marechal Thaumaturgo, constatou-se menores áreas queimadas, sendo menor a pressão da agropecuária. Resultado similar a este encontrou Moreira *et al.* (2019) no seu estudo, em que os municípios mais isolados como Porto Walter e Marechal Thaumaturgo, apresentaram uma menor pressão agropecuária, conseqüentemente, menores valores de áreas queimadas.

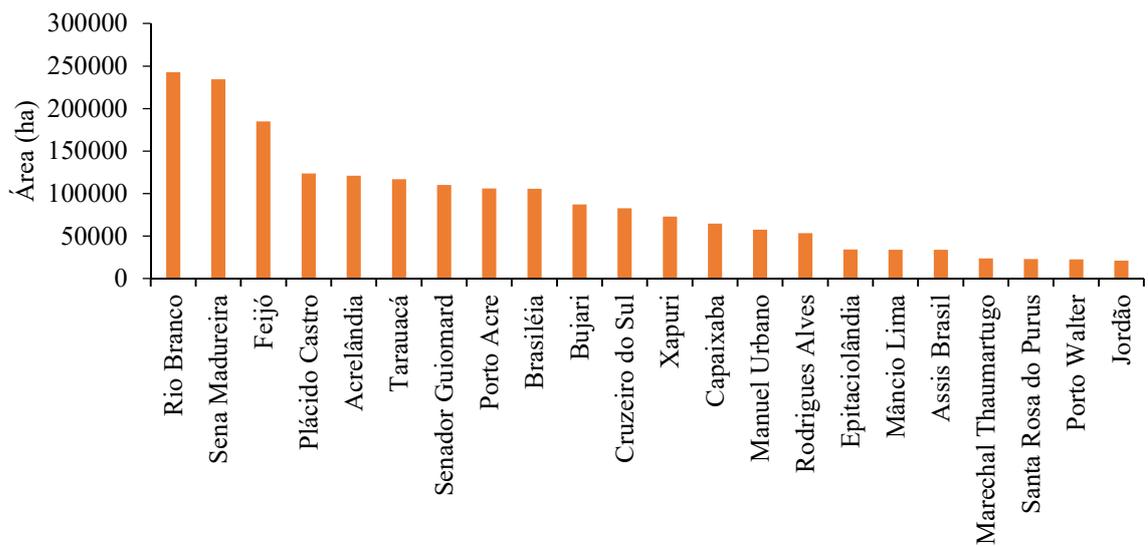


Figura 13. Ranking de queimadas por município para os anos de 2005 a 2019. Exceto 2012.

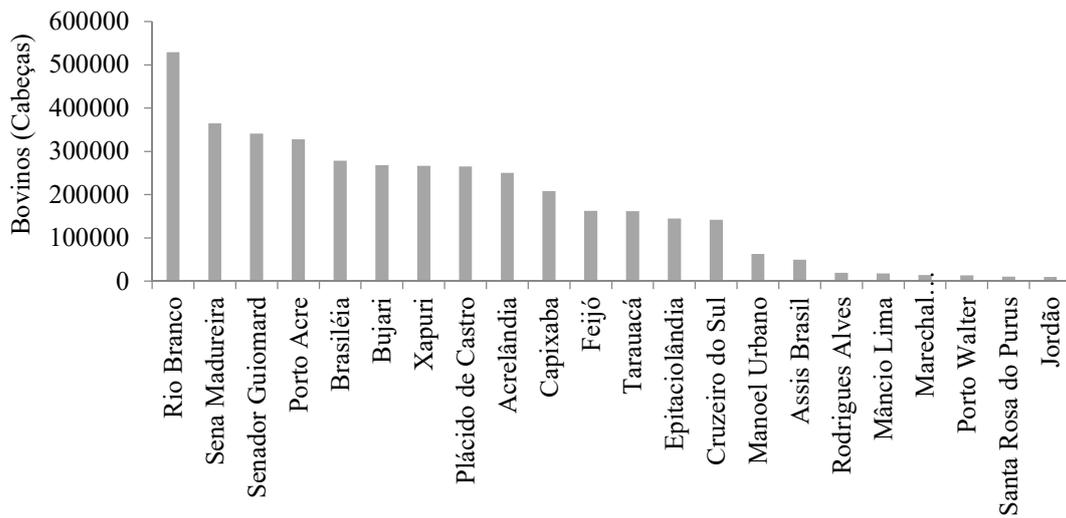


Figura 14. Ranking da produção de bovinos (cabeças) por município do estado do Acre.

Fonte: IBGE, 2020.

5.4 CORRELAÇÃO DAS QUEIMADAS COM DESMATAMENTO

Realizado o teste de normalidade (Shapiro-wilk), foi obtido os Pvalores para os dados de desmatamento e queimadas, respectivamente, $p\text{-value} < 2.2^{-16}$ e $p\text{-value} < 2.2^{-16}$, concluindo-se assim a rejeição da hipótese H_0 , ou seja, os dados não seguem distribuição normal. Seguindo a verificação, foi observado *outliers* nos gráficos *boxplot* (Figura 15) para os dados de desmatamento e queimadas. Ambos os resultados indicam a realização do teste de Spearman.

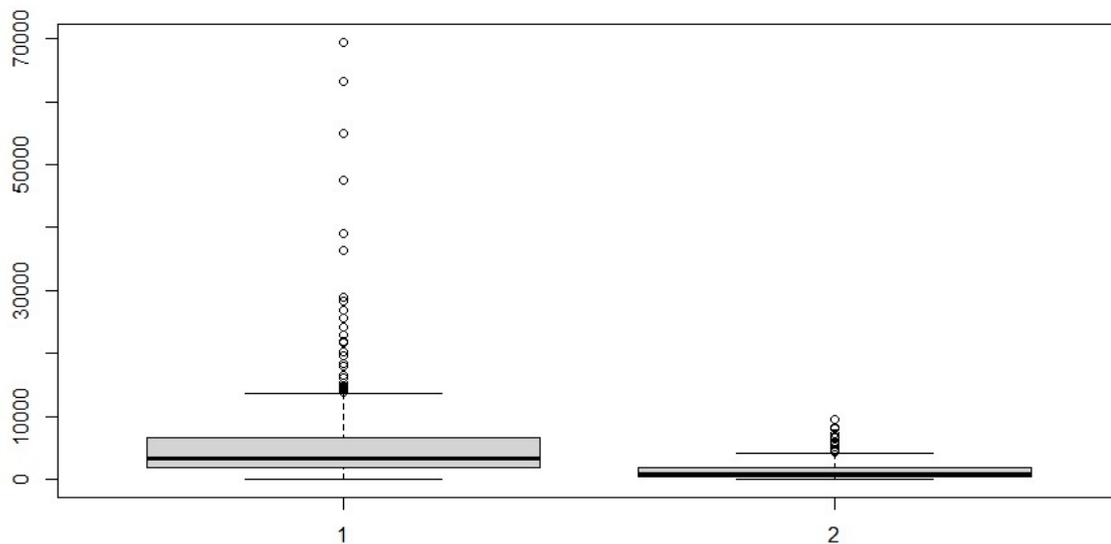


Figura 15. Observação dos *outliers* nos dados de desmatamento e queimadas.

Analisando visualmente o gráfico de dispersão (Figura 16), percebe-se que os dados seguem razoavelmente uma relação linear. Verificados os pressupostos dos resíduos, observa-se diferentes variações ao longo da linha de regressão, um indício de homocedasticidade nos dados (Figura 17), com resultados de $p\text{-value} < 2.2^{-16}$ para o teste de normalidade de Shapiro-wilk, rejeitando a hipótese h_0 de que os dados são normais. Assim, esses resultados configuram mais pressupostos para realização do teste escolhido.

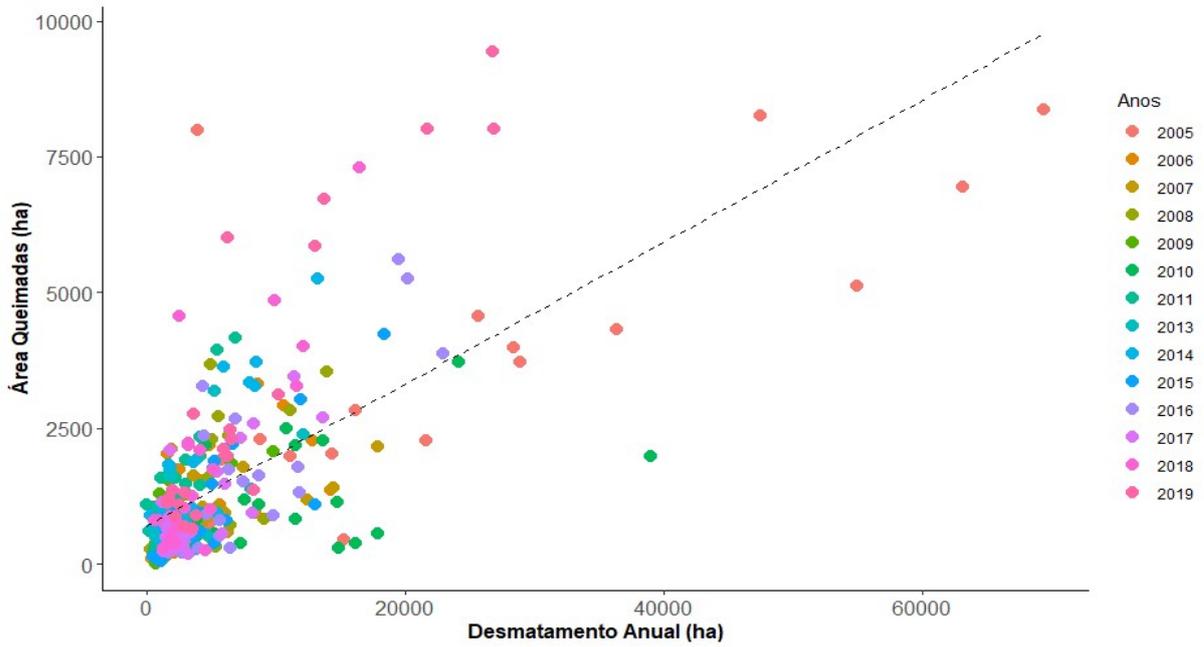


Figura 16. Correlação entre queimadas e desmatamento anual, para os anos de 2005 a 2019.

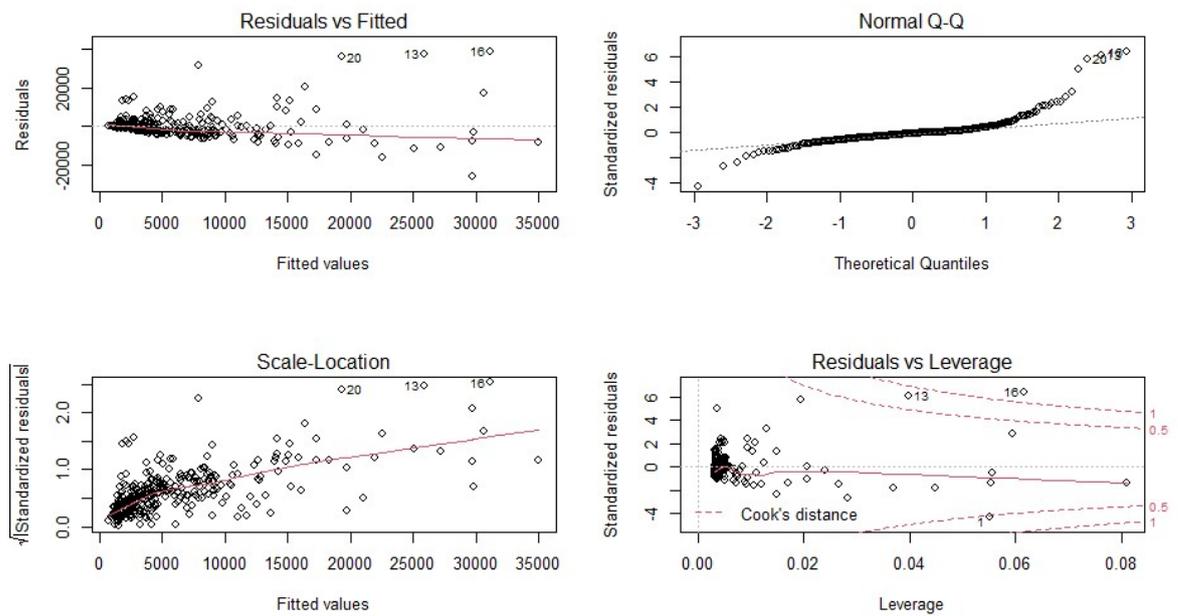


Figura 17. Correlação entre queimadas e desmatamento anual, para os anos de 2005 a 2019. Exceto 2012.

Logo, diante dos pressupostos verificados para realização do teste de Spearman, foi obtido como resultados: $r = 0.64$, $p\text{-value} < 2.2^{-16}$, com valor de r diferente de 0. Diante desses dados, percebe-se uma correlação linear positiva entre os dados de queimadas, mapeados neste estudo, e os dados de desmatamento do PRODES/INPE, concluindo-se assim na rejeição da hipótese H_0 . Os resultados deste estudo são similares aos resultados encontrados por Silva *et al.* (2021), que indicou uma correlação linear positiva $r = 0,74$ (Spearman) entre queimadas e desmatamentos para os anos de 2016 -2019 no Acre.

Tabela 2. Valores de regressão para análise para a análise entre queimadas e desmatamento.

-	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t value</i>	<i>Pr(> t)</i>
<i>(Intercept)</i>	771,3936	482,0668	1,6	0,111
Queimadas	3,6230	0,2183	16,6	$<2^{-16}$

Tendo como fórmula de regressão: $y = 690 + 0,13 x$, $R^2_{adj} = 0,47$. Assim, conclui-se que o desmatamento está associado as queimadas no Acre, na razão de que quando aumenta 01 hectare de desmatamento, aumenta-se cerca de 3,6 hectares de queimadas.

6 CONCLUSÕES

- 1 - Os anos de 2005, 2010, 2016 e 2019 foram os anos com maior área anual de cicatrizes de queimadas.
- 2 - Os municípios com maiores quantitativos de queimadas a partir do somatório de todos os anos foram Rio Branco, Sena Madureira e Feijó.
- 3 - A regional administrativa do Baixo Acre se destacou com maior área anual de cicatrizes de queimadas.
- 4 - As queimadas e o desmatamento foram altamente correlacionados com $R = 0,64$ % ao nível de significância de 5%. Conforme aumenta o desmatamento, aumenta as queimadas.
- 5 - Este estudo apresentou informação que podem apoiar ações de alerta sobre a dinâmica do fogo no Estado do Acre, através da divulgação científica à sociedade civil, órgãos governamentais em esfera federal, estadual e municipal e organizações não governamentais.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, L. E. O. C. *et al.* Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 7, p. 1–5, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2006GL028946>
- ACRE. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre: Fase II (Escala 1:250.000). 2. ed. Rio Branco: SEMA, 2010. *E-book*.
- ARAÚJO, E. A. Áreas degradadas no Estado do Acre. *In: áreas degradadas da amazônia: ações antrópicas e a degradação ambiental*. Rio Branco: PROIN - IFAC, 2013. p. 118. *E-book*.
- ANDERSON, L. O. *et al.* Disentangling the contribution of multiple land covers to fire-mediated carbon emissions in Amazonia during the 2010 drought. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 29, n. 10, p. 1739–1753, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2014GB005008>
- ANDERSON, L. O. *et al.* Utilização de dados orbitais de focos de calor para caracterização de riscos de incêndios florestais e priorização de áreas para a tomada de decisão. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, 2017. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1562>.
- AKOGLU, H. User's guide to correlation coefficients. **Turkish journal of emergency medicine**, 18(3), 91-93, 2018.
- ARAGÃO, L. E. O. C. *et al.* 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 536, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>
- ABINAYA, V. *et al.* Classification of Satellite Image using Minimum Distance Classification Algorithm. **SSRG International Journal of Computer Science and Engineering (SSRG-IJCSE)** – Special Issue ICTER Mar 2019.
- BARLOW, J. *et al.* Clarifying Amazonia's burning crisis. **Global Change Biology**, v. 26, p. 1–3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.14872>
- BRANDO, P. M. *et al.* The gathering firestorm in southern Amazonia. **Science Advances**, v. 6, n. 2, p. 1632, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay1632>
- BRAZIL. Decreto nº 9.985, de 23 de agosto de 2019. 2019. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/747898003/decreto-9985-19>. Acesso 15 de ago de 2020.
- BRASIL, MMA. Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) 3ª Fase. Brasília: Ministério de Meio Ambiente, 2013. *E-book*.

BRASIL. Código Florestal Brasileiro de 2012. 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651. Acesso em: 10 de Outubro de 2021.

CAMPANHARO, W. A. *et al.* Translating Fire Impacts in Southwestern Amazonia into Economic Costs. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, p. 764, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs11070764>

CANO-CRESPO, A. *et al.* Forest edge burning in the Brazilian Amazon promoted by escaping fires from managed pastures. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 120, n. 10, p. 2015JG002914, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2015JG002914>

CARRERO, G.; ALVES, C. Queimadas e incêndios na Amazônia: impactos ambientais e socioeconômicos, prevenção e combate. *In: Gestão e governança local para a amazônia sustentável: notas técnicas*. Rio de Janeiro: IBAM, 2016. p. 156–165. *E-book*.

DIAS FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. v. 40, p. 243–252, 2011.

EMBRAPA. TerraClass 2014. Brasília: Inpe e Embrapa, 2017. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2014.php

FEARNSIDE, P. M. A Floresta Amazônica nas mudanças globais. 2. ed. Manaus: INPA, 2009. (INPA).*E-book*.

FEARNSIDE, P. M. Os Novos Números de Desmatamento Confirmam o “Efeito Bolsonaro”, Apesar das Negações. 2019. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/os-novos-numeros-de-desmatamento-confirmam-o-efeito-bolsonaro-apesar-das-negacoes/>. Acesso 5 de abril de 2022.

FIELD, A. P. *et al.* Discovering statistics using R/Andy Field, Jeremy Miles, Zoë Field, 2012.

FERRANTE, L.; FEARSIDE, P. M. Brazil's new president and ruralist threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. *Environmental Conservation*, 46: 261-263, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0376892919000213>

FONSECA, M. G. *et al.* Climatic and anthropogenic drivers of northern Amazon fires during the 2015/2016 El Niño event. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/eap.1628>

GODAR, J. *et al.* Actor-specific contributions to the deforestation slowdown in the Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 111, n. 43, p. 15591–15596, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1322825111>

GORELICK, N. *et al.* Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**. v. 202, Big Remotely Sensed Data: tools, applications and experiences, p. 18–27, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

GONÇALVES, A. B. *et al.* A desestruturação do mundo rural e o uso do fogo: o caso da Serra da Cabreira (Vieira do Minho). *In: Caminhos nas ciências sociais: memória, mudança social e razão*. Universidade do Minho, 2020. p. 87–104. *E-book*.

GEE. Google Earth Engine. 2022. Disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine/guides/classification>. Acesso 02 de abr de 2022.

IBGE. Municipal boundaries limits. 2016. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acesso em: 10 set de 2020.

IBGE. Sidra. Produção da pecuária municipal, 2020. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em 10 abril. 2022.

INPE. Banco de Dados de Queimadas. INPE, 2020a. Disponível em: <https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas>. Acesso em: 12 de novembro de 2019.

INPE. Estimativa de área queimadas com 1 km de resolução espacial. INPE, 2020a. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km/>. Acesso em: 2 de set de 2020.

INPE. Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite. INPE, 2020b. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/>. Acesso em: 10 de set de 2020.

INPE. TerraBrasilis. Taxa anual de desmatamento. INPE, 2020b. Disponível em: http://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazona/rates. Acesso em: 5 de ago de 2020.

INPE. TerraBrasilis. Taxa anual de desmatamento. INPE, 2022. Disponível em: http://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazona/rates. Acesso em: 5 de abril de 2022.

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, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep3313>

KLINGLER, M.; MACK, P. Post-frontier governance up in smoke? Free-for-all frontier imaginations encourage illegal deforestation and appropriation of public lands in the Brazilian Amazon. **Journal of Land Use Science**, v. 15, n. 2–3, p. 424–438, 2020. Disponível em: <https://10.1080/1747423X.2020.1739765>

LEWIS, S. L. *et al.* The 2010 Amazon drought. **Science**. v. 331, n. 6017, p. 554–554, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1200807>

LIMA, Y. M. S. *et al.* Geotecnologias aplicadas ao monitoramento de queimadas e incêndios florestais no estado do Acre, Brasil. **XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Anais...** INPE. 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr/papers/>

MORELLO, T. F. *et al.* Policy instruments to control Amazon fires: A simulation approach. **Ecological Economics**. v. 138, p. 199–222, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.03.043>

MOREIRA, W. C. L.; ALMEIDA, M. R. N.; SILVA, S. S. Dinâmica espaço-temporal das queimadas no período de 2013-2017, no vale do Juruá, acre, Brasil. **XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. *Anais...* INPE. 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/>

NEPSTAD, D. *et al.* Forest Fire Prediction and Prevention in the Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, v. 12, n. 5, p. 951–953, 1998.

OLIVEIRA, I. D. *et al.* Geotecnologias e mídia social como ferramentas para alerta de eventos climáticos extremos: exemplo da seca de 2016 na Amazônia Sul-ocidental. **XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. *Anais...* INPE. 2019. Disponível em: https://proceedings.science/proceedings/59/_papers/59823/download/abstract_file1

PESSÔA, A. C. M. *et al.* Intercomparison of Burned Area Products and Its Implication for Carbon Emission Estimations in the Amazon. **Remote Sensing**. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/23/3864>

ROSAN, T. M. *et al.* Avaliação da origem de focos de calor em anos de extremos climáticos na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Cartografian**. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/323685855>

RAMO, R. *et al.* A data mining approach for global burned area mapping. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243418303702>

REIS, J. B. C. *et al.* Sistema de alerta de focos de queimadas em propriedades rurais para Prevenção de incêndios florestais no município de rio branco, acre. **XIX Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. *Anais...* INPE. 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/>

RSTUDIO TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA. 2022. Disponível: <https://www.rstudio.com/>.

SOARES-FILHO, B. S. *et al.* Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**. v. 440, n. 7083, p. 520–523, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature04389>

SILVA, R. G.; LIMA, J. E. Avaliação econômica da poluição do ar na Amazônia Ocidental: um estudo de caso do Estado do Acre. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 44, n. 2, p. 157–178, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032006000200001>

SCHMITT, J. Crime sem castigo: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia. 188 f. 2015. - Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/19914/1/2015_JairSchmitt.pdf

SHIMABUKURO, Y. E. *et al.* Mapping degraded forest areas caused by fires during the year 2010 in Mato Grosso state, Brazilian Legal Amazon using Landsat-5 TM fraction images. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 69, n. 1, 2017. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1784>.

SILVA JUNIOR, C. *et al.* Deforestation-Induced Fragmentation Increases Forest Fire Occurrence in Central Brazilian Amazonia. **Forests**. v. 9, n. 6, p. 305, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f9060305>

SILVA, S. S. *et al.* Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. **Forest Ecology and Management**. v. 424, p. 312–322, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>

SILVA JUNIOR, C. H. L. *et al.* Fire Responses to the 2010 and 2015/2016 Amazonian Droughts. **Frontiers in Earth Science**. v. 7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00097>.

SILVA, S. S. *et al.* Queimadas urbanas em Rio Branco, Acre: mapeamento e comunicação de impactos à sociedade. **XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais...** INPE. 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/queimadas-urbanas-em-rio-branco--acre--mapeamento-e-comunicacao-de-impactos-a-sociedade>

SILVA, S. S. *et al.* Burning in southwestern Brazilian Amazonia, 2016–2019. **Journal of Environmental Management**, 286, 112189, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112189>

TORMAN, V. B. L., COSTER, R., & RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: Métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **Clinical and Biomedical Research**, 32(2), 2012.

THOMAZ, S. M. *et al.* Re: Biodiversity under concerted attack in Brazil. **Science**. n. Response to Make trade with Brazil sustainable, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aaw8276>.

VALENTIM, J. Quando a fumaça passar. **Embrapa**, Rio Branco, 2005. Disponível em: http://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/fumacafinal_judson.htm. Acesso em: 21 ago. 2020.

VASCONCELOS *et al.* Suscetibilidade da vegetação ao fogo no sul do amazonas sob condições meteorológicas atípicas durante a seca de 2006. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, n.2, 134 - 144, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620140070> 2014

WEST, T. A. P.; BÖRNER, J.; FEARNSIDE, P. M. Climatic Benefits From the 2006–2017 Avoided Deforestation in Amazonian Brazil. **Frontiers in Forests and Global Change**. v. 2, p. 52, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00052>

WEST, T. A.P.; FEARNSTIDE, P. M. Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. **Land Use Policy**. v. 100, p. 105072, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105072>

ZHANG, H. *et al.* Forest Canopy Changes in the Southern Amazon during the 2019 Fire Season Based on Passive Microwave and Optical Satellite Observations. **Remote Sensing**. 2021, 13, 2238. <https://doi.org/10.3390/rs13122238>

APÊNDICES

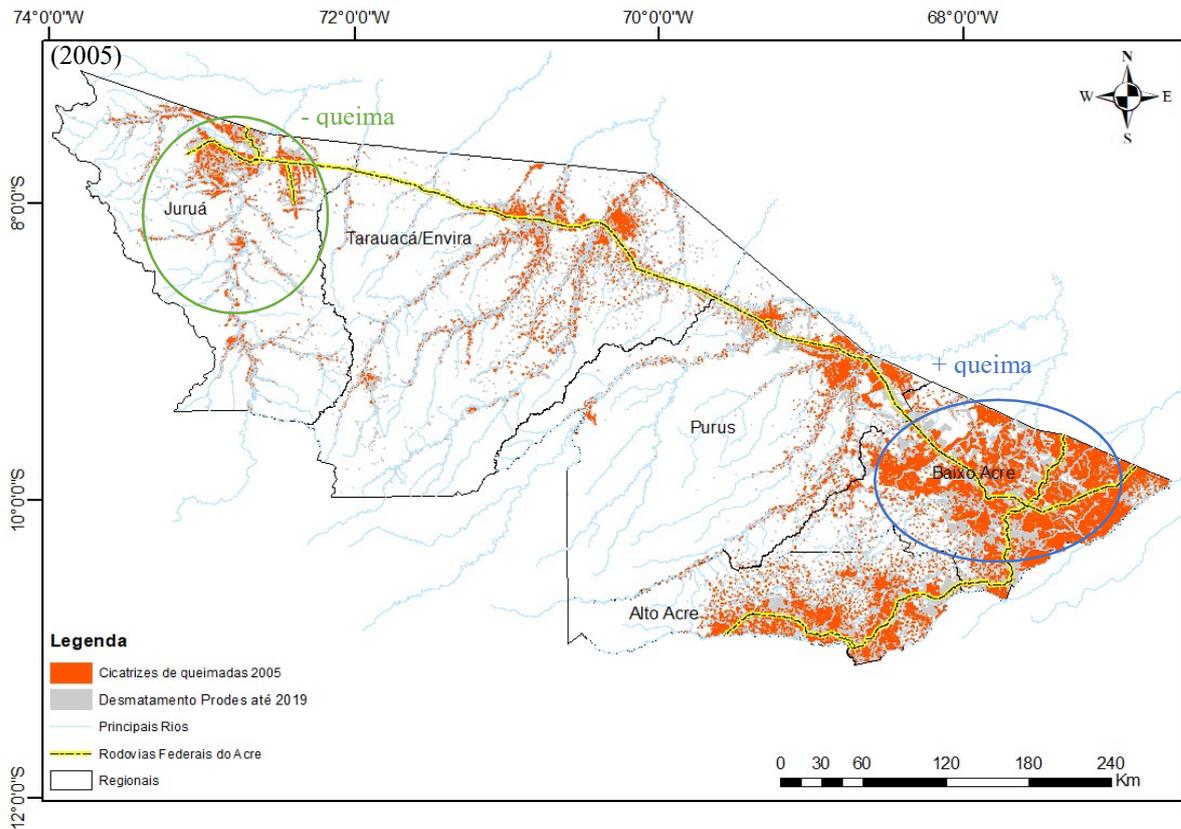


Figura 18. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2005.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

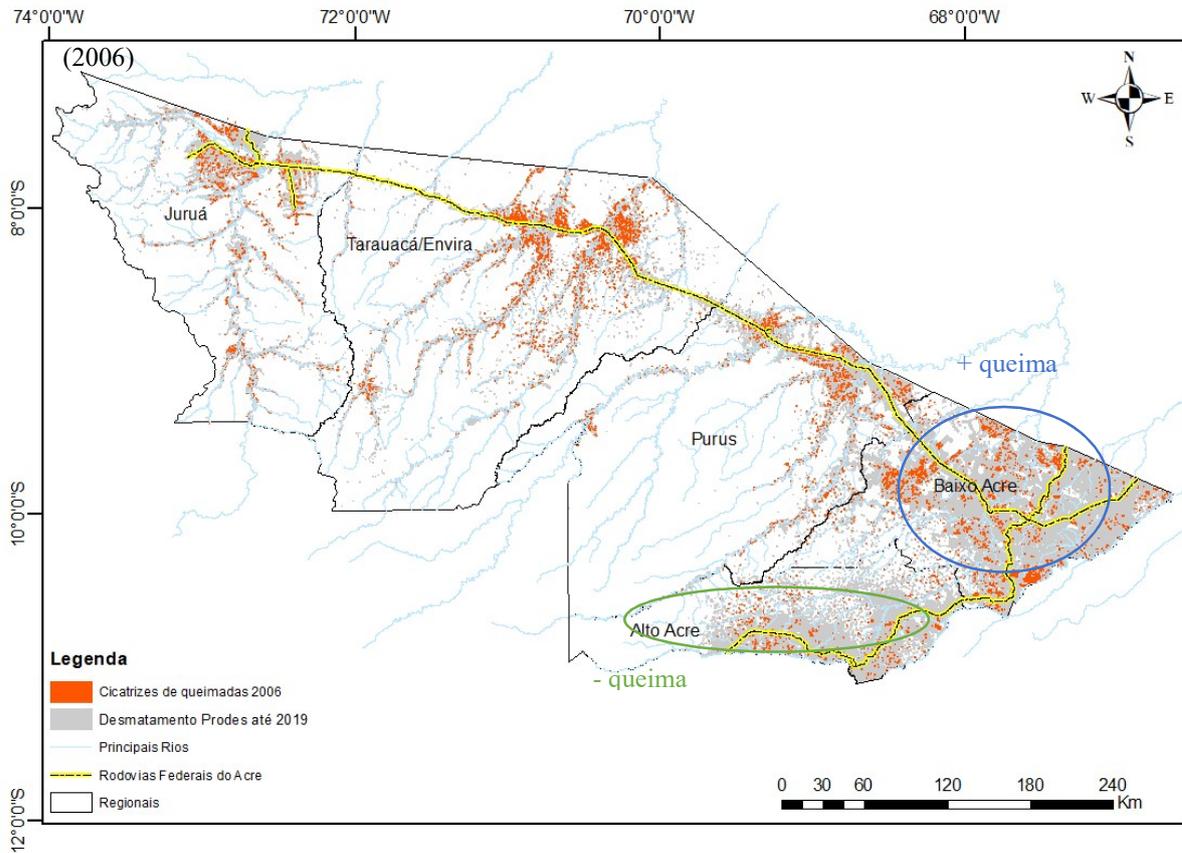


Figura 19. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2006.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

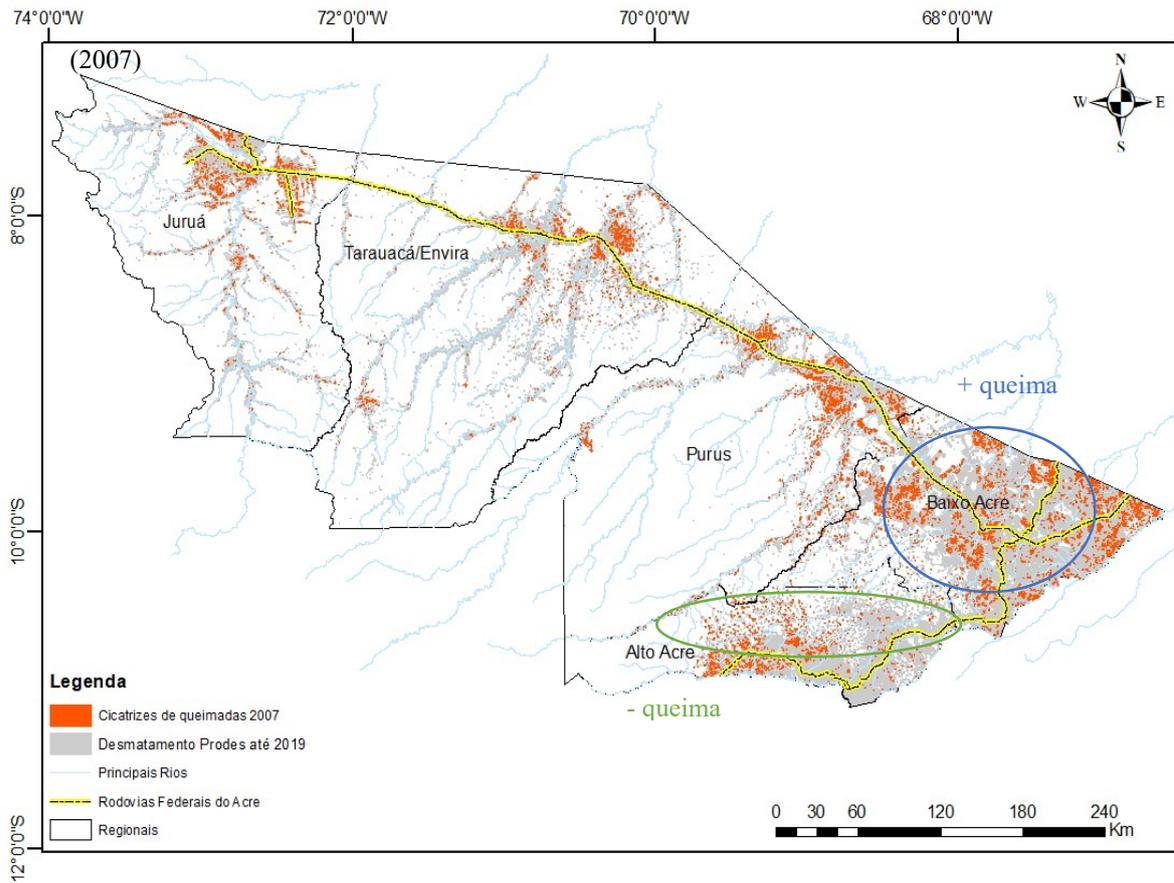


Figura 20. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2007.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

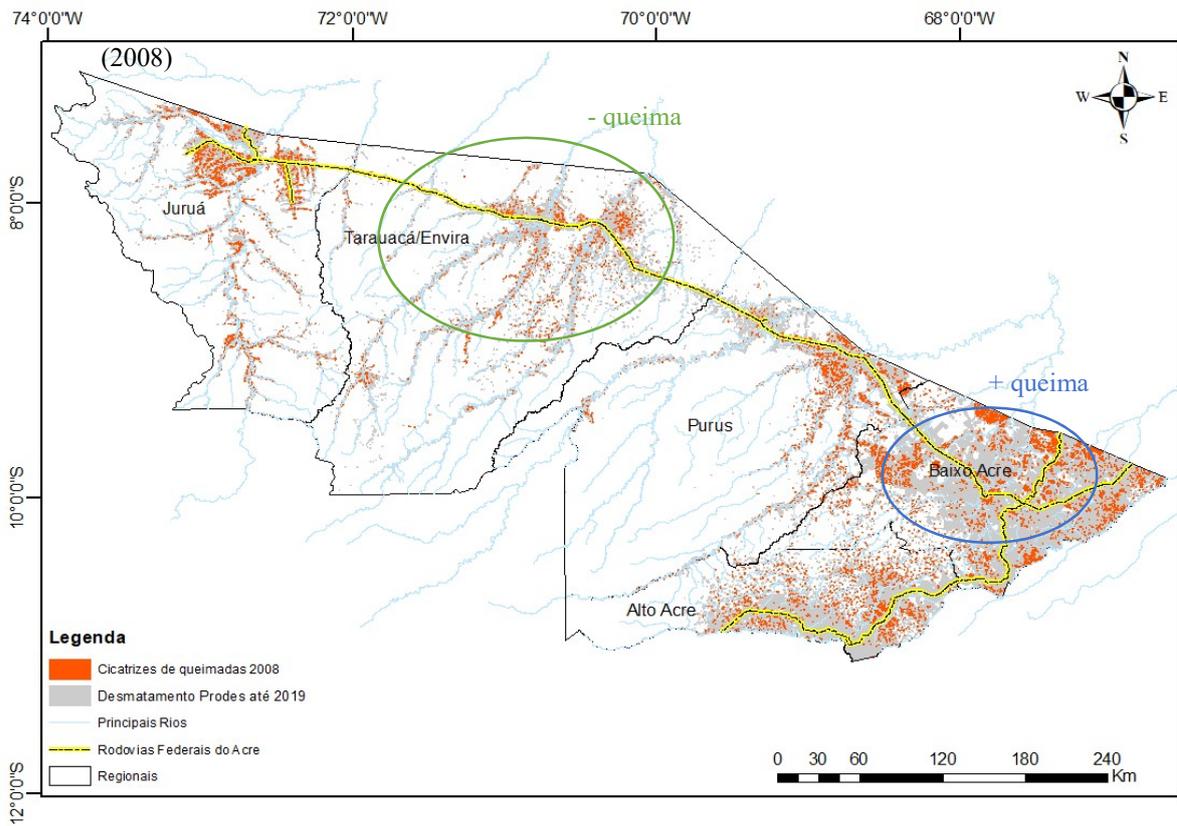


Figura 21. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2008.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

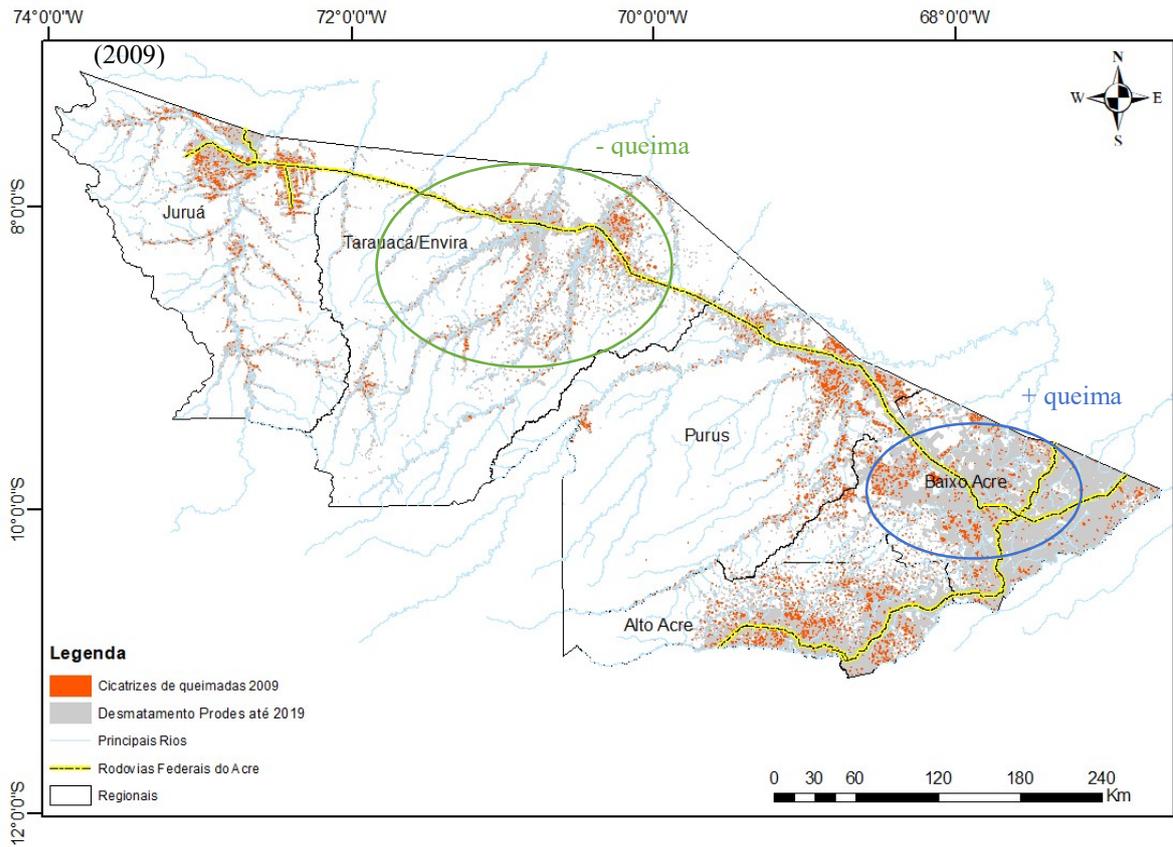


Figura 22. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2009.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

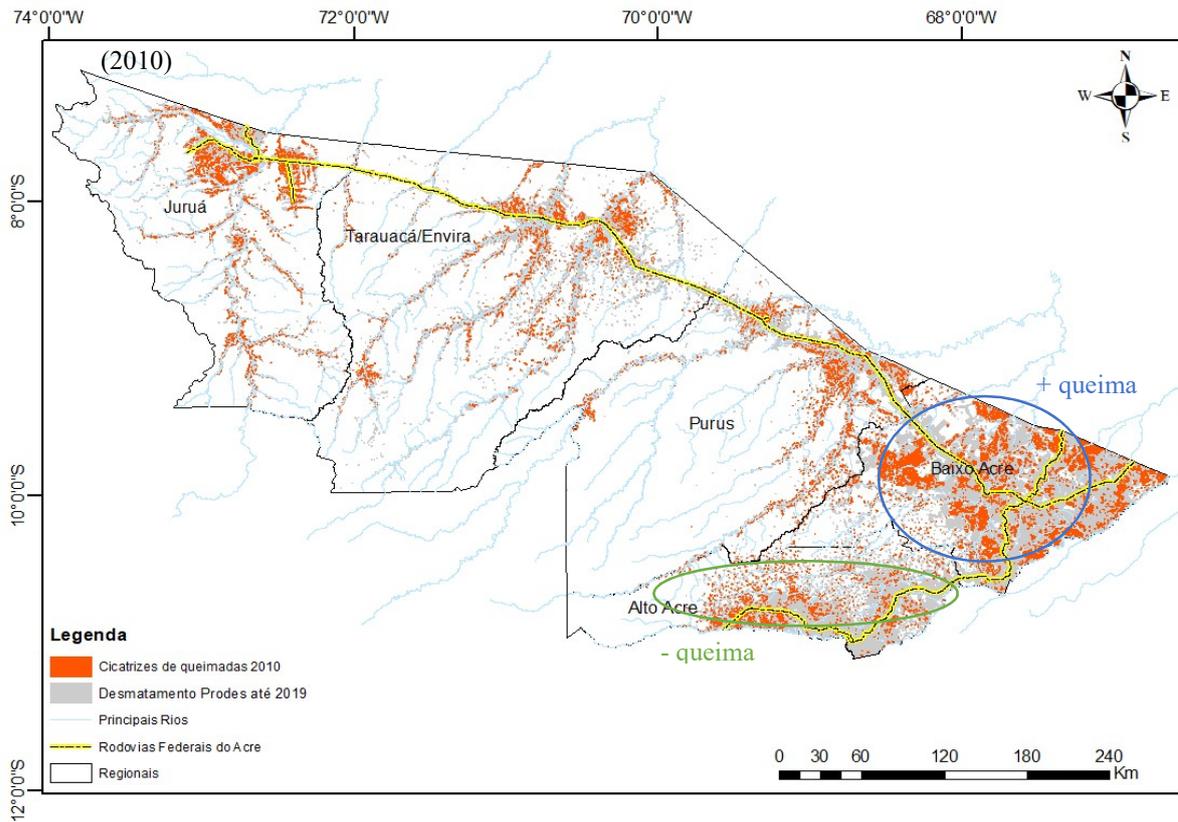


Figura 23. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2010.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

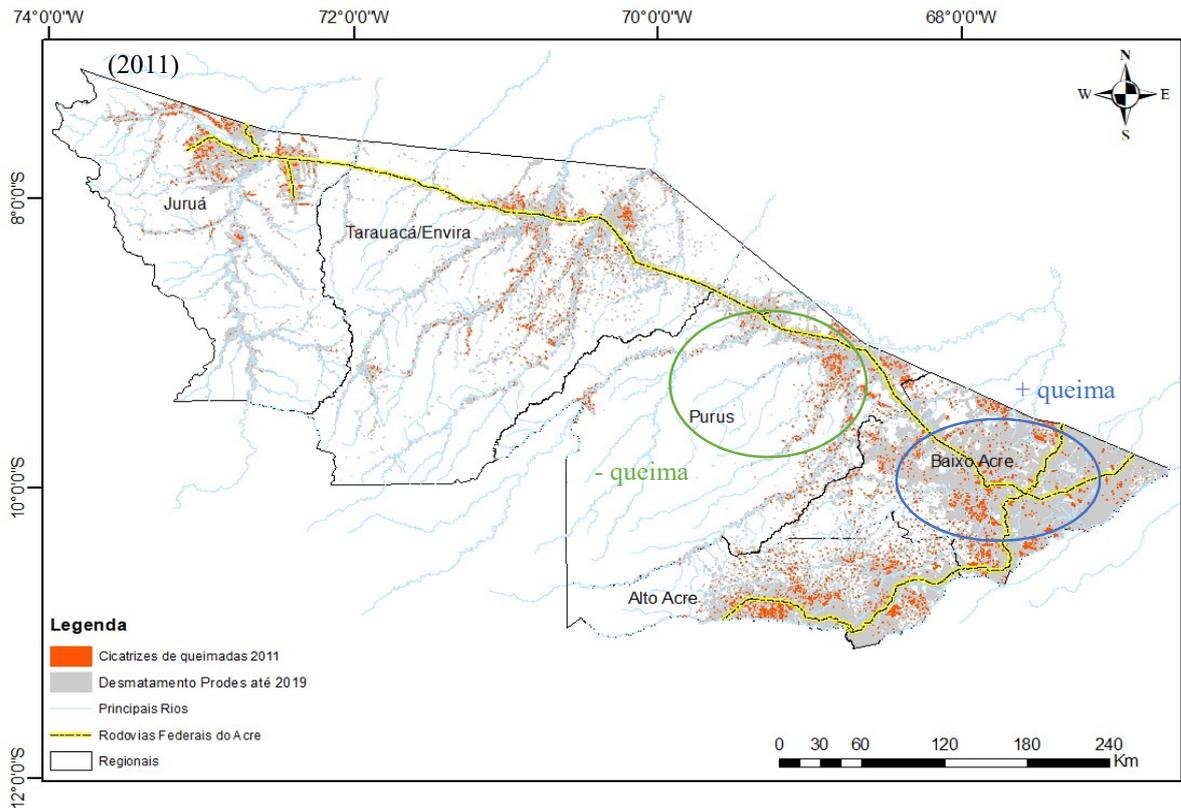


Figura 24. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2011.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

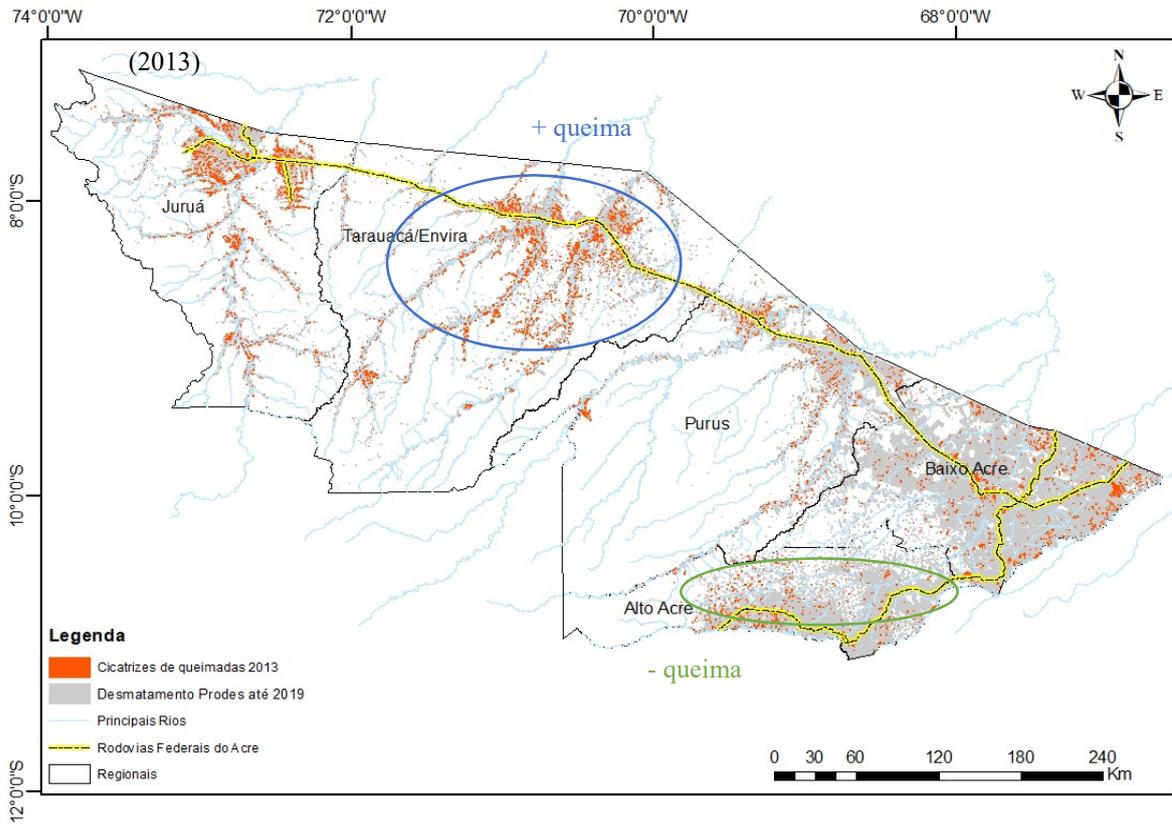


Figura 25. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2013.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

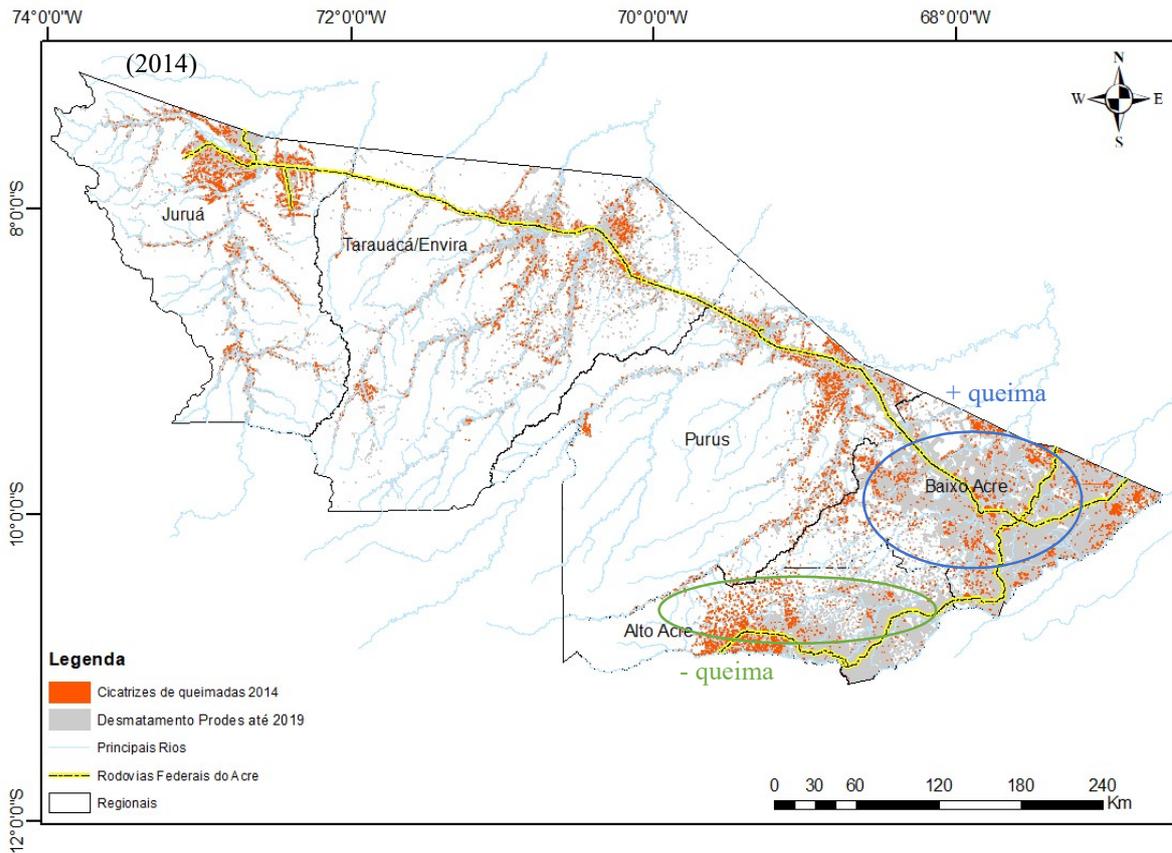


Figura 26. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2014.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

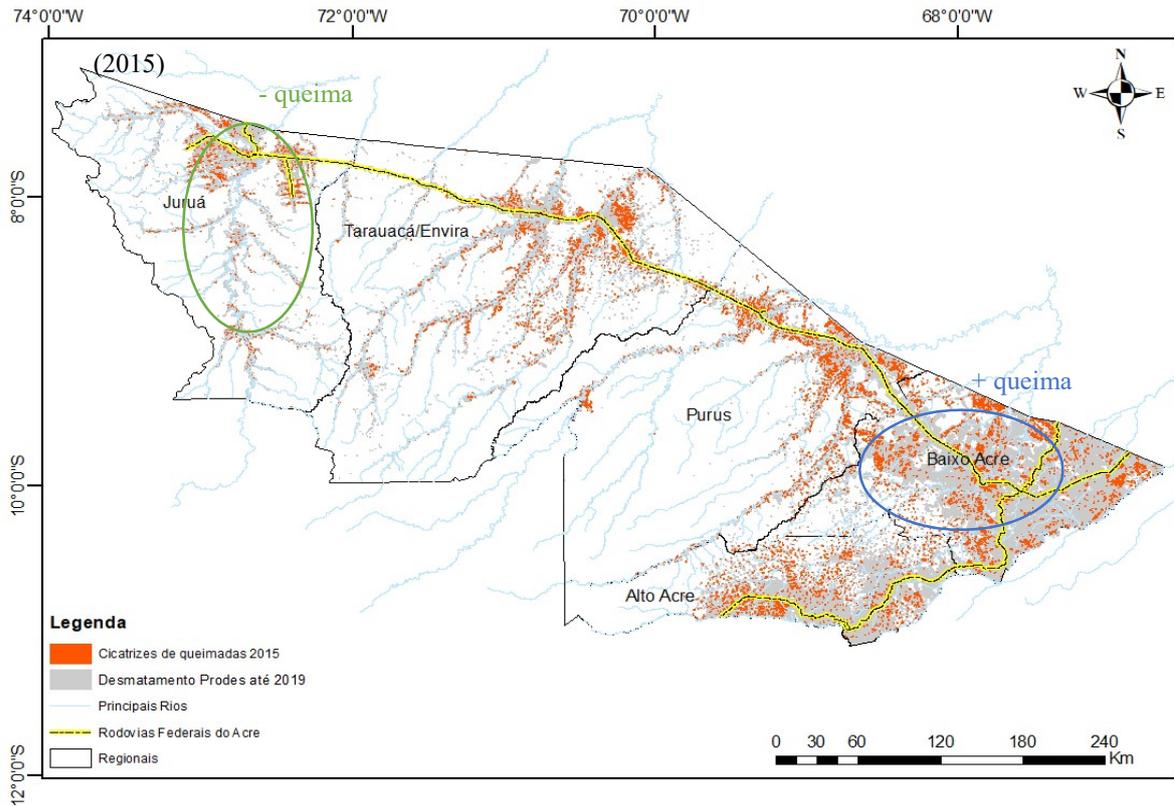


Figura 27. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2015.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

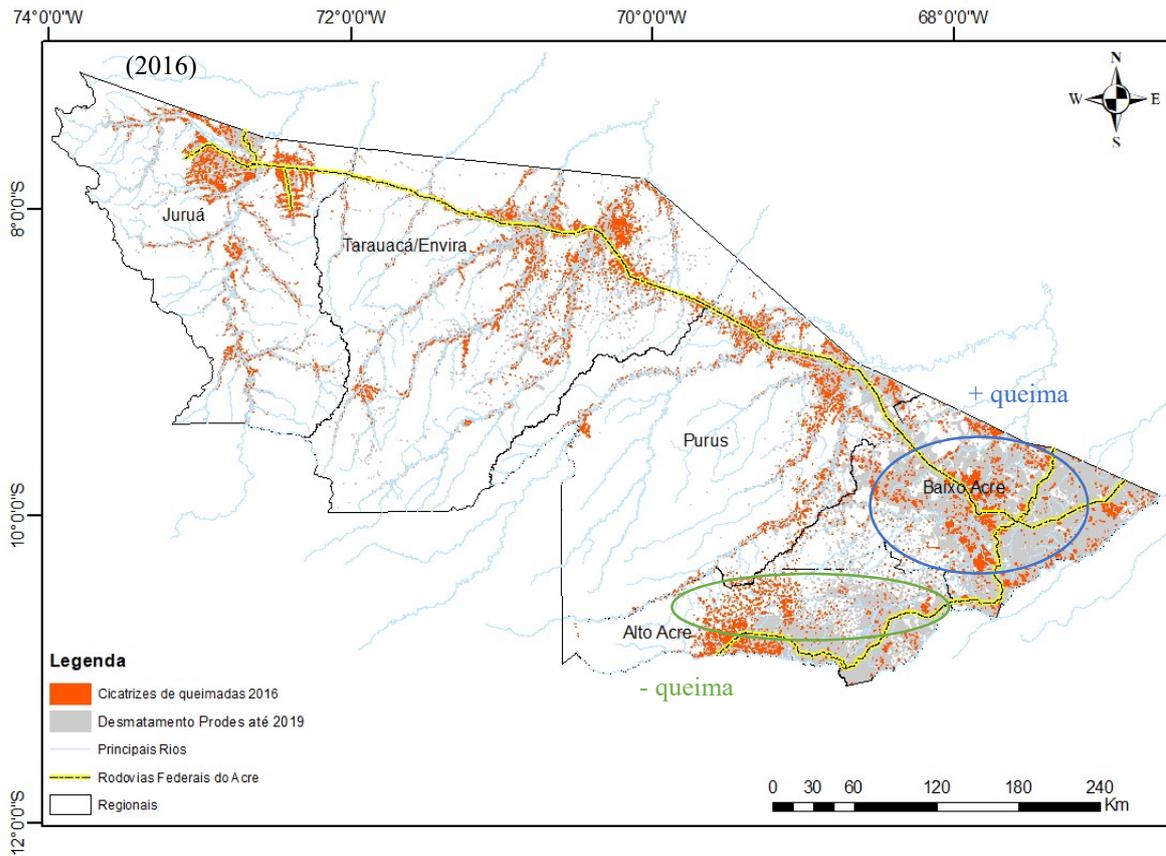


Figura 28. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2016.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

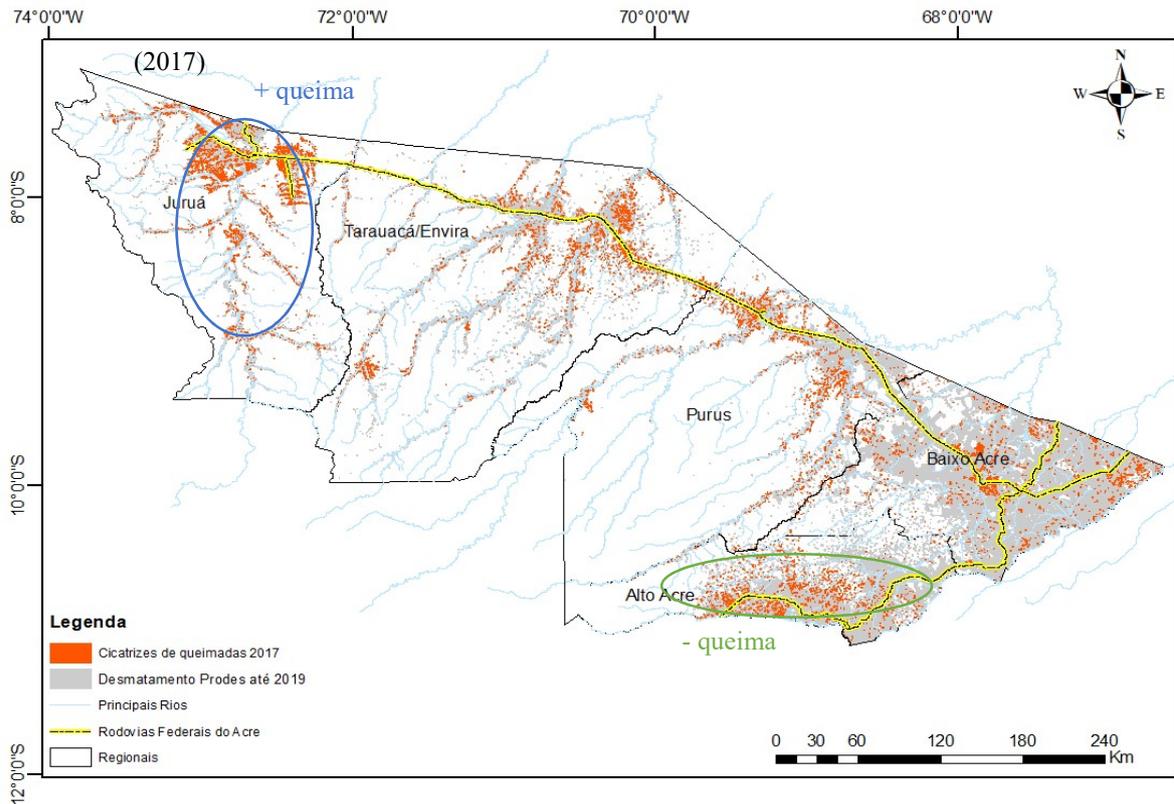


Figura 29. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2017.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

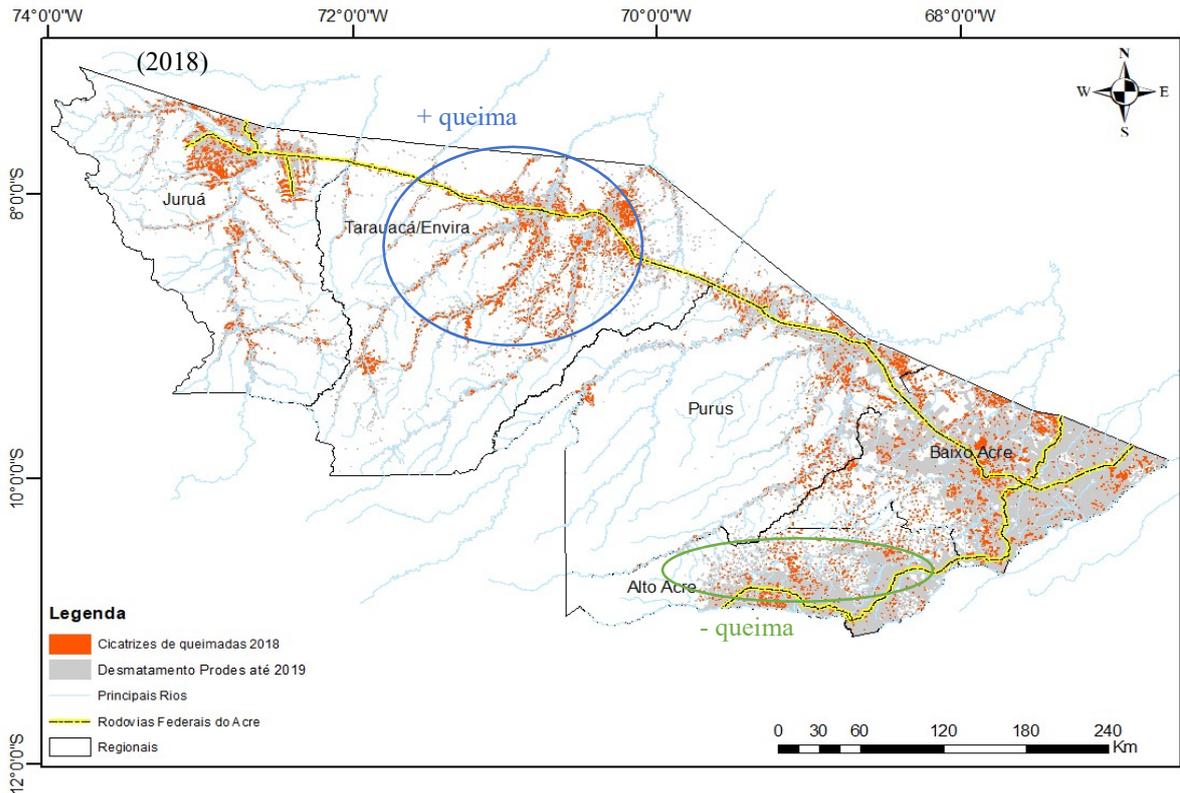


Figura 30. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2018.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.

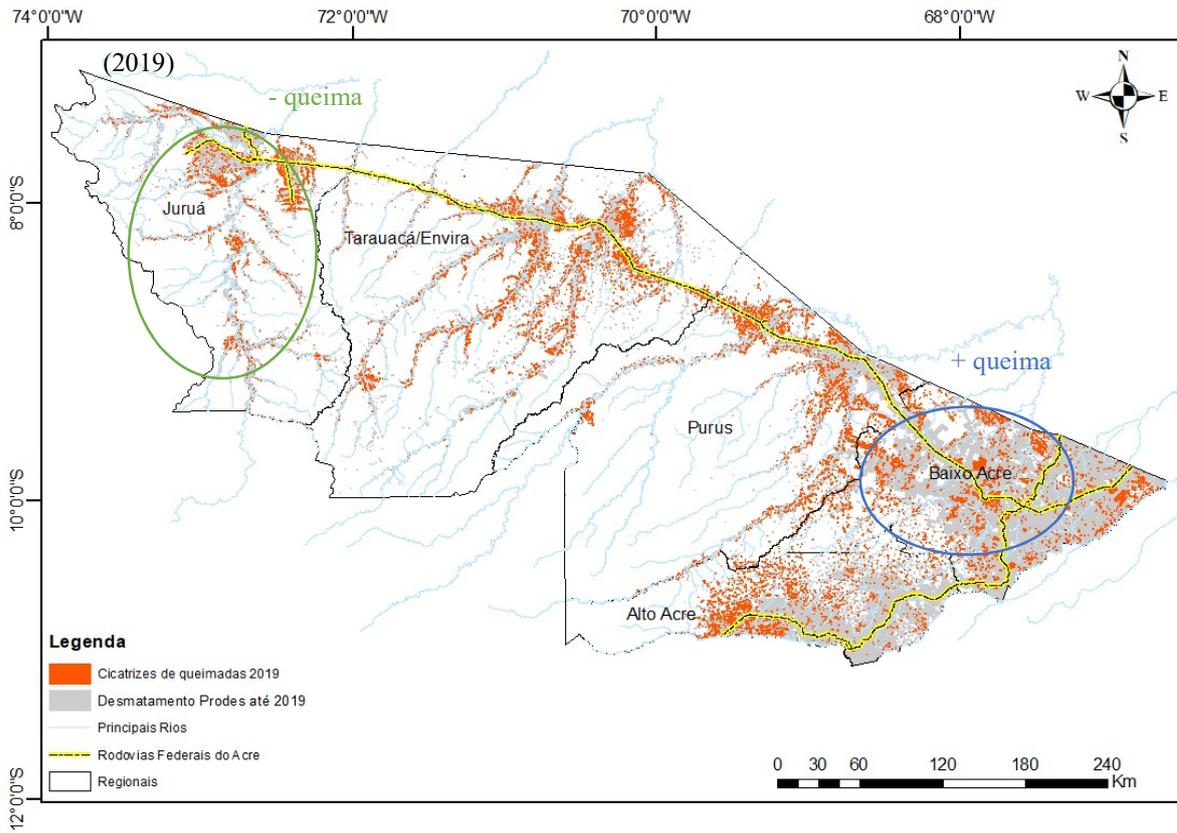


Figura 31. Espacialização das queimadas agrícolas para o Estado do Acre por regional administrativa no ano de 2019.

Observação: Os círculos estão delimitando cada regional e demonstrando a variação do fogo em cada ano estudado.