



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA

Programa De Pós-Graduação em Ecologia

Mestrado Profissional em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental

LETICIA RIZZETTO PATROCINIO

RELATÓRIO TÉCNICO:

**A INFLUÊNCIA DE CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM NA
DINÂMICA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NA MATA ATLÂNTICA
COSTEIRA DA BAHIA**



Salvador, novembro/2022

LETICIA RIZZETTO PATROCINIO

RELATÓRIO TÉCNICO:

**A INFLUÊNCIA DE CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM NA
DINÂMICA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NA MATA ATLÂNTICA
COSTEIRA DA BAHIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Programa de Pós-
Graduação em Ecologia como parte dos
requisitos exigidos para obtenção do
título de Mestre em Ecologia Aplicada
à Gestão Ambiental.

Orientador: Dr. Pavel Dodonov

Coorientadora: Dr^a. Juliana Silveira dos Santos

Salvador, novembro/2022

“Quando a vontade de poucos for maior que a ganância de muitos, o homem poderá salvar o que ainda tiver sobrado.”

Moises Bertges

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo ao melhor professor e orientador do Instituto de Biologia da UFBA, Dr. Pavel Dodonov. Uma pessoa que não mede esforços para demonstrar o quanto é humano, atencioso, entusiasmado e gente como a gente, apesar do enorme cientista que é. A academia ganha muito com pessoas como você, obrigada por tudo! Se estou finalizando essa etapa é graças ao seu direcionamento.

Agradeço também a uma pessoa essencial que apareceu na hora certa e me deu um empurrão para que eu conseguisse chegar nessa etapa final, Nina, sou imensamente grata a você por isso.

Agradeço a todas(os) do Laboratório de Ecologia Espacial (UFBA) por terem aberto as portas para mim, pela colaboração e acolhimento.

Agradeço a minha coorientadora, Dr^a. Juliana Silveira, por todo o apoio com o SIG, e pela eficiência e presteza no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço à engraçadíssima turma do mestrado profissional de 2018.2 que fez o curso ser leve, proveitoso, e por terem aberto a minha mente para uma nova maneira de pensar sobre a área ambiental. Vocês fizeram o sofrimento que é o mestrado valer a pena!

Agradeço a minha família, por ser minha base e apoio em todas as etapas, minha mãe Maria Lúcia, meu pai Edgar e meus irmãos Tarcísio e Sofia por serem meus exemplos e sempre me incentivarem a buscar mais.

Agradeço a meu namorado, Paulo, pelo suporte, inclusive editorial, e por ter aguentado firme meu estresse nessa etapa final, sempre com muita paciência e entendimento, obrigada meu amor.

E por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer a todas(os) as(os) minhas(os) amigas e colegas de graduação por sempre me ajudarem quando preciso de um apoio técnico e principalmente emocional para chorar as pitangas de sempre, meu apoio habitual, principalmente: Gabi, Rej, Ivana, Daniel, Fabrine, Bia e Allana.

E é isso, gratidão ao universo pelo encerramento de mais essa etapa da minha vida acadêmica, enfim mestra!

TEXTO DE DIVULGAÇÃO

Os biomas brasileiros sofrem com o aumento do número de queimadas e as exponenciais taxas de desmatamento de vegetação natural, principalmente atribuídos à urbanização e às ações antrópicas com atividades altamente impactantes, como por exemplo a agropecuária. As pastagens associadas a agropecuária, representam um dos grandes vilões com relação às queimadas e a manutenção das florestas no país. A Mata Atlântica é um bioma que já se encontra intensamente degradado, e que além disso não possui adaptações que tornem sua vegetação resistente ao fogo. Dessa maneira, a ocorrência de incêndios florestais nesse bioma é um fator de grande preocupação em relação à sua conservação. Algumas características desses ambientes e tipos de intervenções humanas são conhecidas por impulsionarem a ocorrência de queimadas. Logo, é importante para a gestão ambiental e órgãos responsáveis pela fiscalização e manejo dos incêndios florestais, que estudos sejam realizados para entender o papel desses fatores na dinâmica de fogo para esses ambientes, principalmente para um bioma fragilizado como o caso da Mata Atlântica. Para além de embasar um plano de ações efetivas para o manejo dos incêndios florestais, esse estudo também deve ser utilizado para avaliar os potenciais impactos de intervenções como supressão de vegetação e abertura de novas rodovias sobre a ocorrência de incêndios na região. Esse estudo fez uma análise temporal através de imagens de satélite da Mata Atlântica costeira da Bahia e relacionou algumas características dos ambientes com a dinâmica dos incêndios e por fim fez algumas recomendações para a gestão ambiental principalmente para a região estudada. Descobrimos que ao longo dos 35 anos que abarcam o estudo, de 1986 a 2020, houve diminuição na quantidade de focos de fogo e na frequência de incêndios nas paisagens. Porém, nos últimos 5 anos houve um aumento na frequência de incêndios. Em paisagens ocupadas por áreas de pastagem e vegetação com alta a intermediária cobertura e alta densidade de borda houve aumento da ocorrência de fogo e extensão das áreas queimadas. Paisagens com maior densidade de rodovias também foram indicativos de maior ocorrência de fogo. Proporcionalmente à quantidade de vegetação na paisagem, áreas com maior cobertura vegetal apresentaram menos queimadas, sendo que, somente durante os últimos 10 anos (2010 a 2020) foi possível observar que as Unidades de Conservação de Uso Sustentável, com enfoque na efetividade das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), resultaram em uma maior proteção contra incêndios florestais quando comparadas a áreas sem proteção.

Resumo

A Mata Atlântica brasileira atualmente está altamente degradada e fragmentada, com apenas 28% de sua cobertura original de vegetação. As queimadas são um dos fatores que influenciam e tendem a aumentar o desmatamento, devido às mudanças climáticas e crescente impacto antrópico nos ambientes naturais. Todavia, a vegetação de Mata Atlântica, diferente de alguns outros biomas, não possui adaptações necessárias para sobreviver ao fogo, dessa maneira, os impactos gerados pelo fogo são mais intensos. Ademais, características da paisagem como a densidade de rodovias, porcentagem de cobertura vegetal, densidade de bordas, presença de áreas de pastagem e de áreas protegidas têm o potencial de influenciar na dinâmica dos incêndios florestais. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre a dinâmica espaço-temporal do fogo e a estrutura das paisagens localizadas na Mata Atlântica costeira do estado da Bahia. Para isso, apresentamos características gerais de um histórico de 35 anos das paisagens da região, com base em dados de sensoriamento remoto obtidos a partir do MapBiomas e análises de como essas características influenciam na ocorrência, frequência de fogo, extensão e proporção das áreas queimadas. No geral, observamos um padrão de diminuição de ocorrência e frequência de fogo, no entanto, nos últimos 5 anos identificamos o padrão oposto. Em paisagens ocupadas por pastagem e vegetação com alta a intermediária cobertura e alta densidade de borda identificamos uma relação maior com o aumento da ocorrência de fogo e extensão das áreas queimadas. Paisagens com maior densidade de rodovias foram indicativas de maior ocorrência de fogo. Proporcionalmente à quantidade de vegetação na paisagem, áreas com maior cobertura vegetal apresentaram menos queimadas. Somente durante os últimos 10 anos (2010 a 2020) houve diminuição de ocorrência de fogo nas paisagens devido à presença de Unidades de Conservação de Uso Sustentável, principalmente devido às Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) criadas durante esse período. Portanto, o estudo permitiu identificar espacialmente os maiores focos de queimadas da Mata Atlântica da Bahia, um padrão de redução de fogo durante os 35 anos analisados e relações de aumento de fogo em paisagens caracterizadas por maior quantidade de pastagem, bordas e rodovias, e menor proporção de vegetação. Nesse sentido, recomendamos ações voltadas à conservação e restauração do bioma voltadas à fiscalização e gestão de fogo e a criação de mais unidades de conservação na região, juntamente com instrumentalização e melhorias na gestão das já existentes.

Palavras-Chave: Áreas de Proteção, Ecologia de Paisagens, Fogo, MapBiomas, Sensoriamento Remoto.

Abstract

The Brazilian Atlantic Forest is currently highly degraded and fragmented, with only 28% of its original vegetation cover. Fires are one of the factors that influence increasing deforestation, due to climate change and the growing anthropogenic impact on natural environments. However, unlike some other biomes, the Atlantic Forest vegetation does not have the necessary adaptations for fire occurrence, so fire impacts are more intense. Furthermore, landscape characteristics such as road density, percentage of vegetation cover, edge density, presence of pasture areas and protected areas have the potential to influence the dynamics of wildfires. Thus, the aim of this study was to evaluate the relationship between the space-time dynamics of fire and the structure of landscapes located in the coastal Atlantic Forest of the state of Bahia. Therefore, we present general characteristics of a 35-year history of the region's landscapes, based on remote sensing data obtained from MapBiomias and analyzes of how these characteristics influence the occurrence, frequency of fire, extension and proportion of burned areas. Overall, we observed a pattern of decreasing fire occurrence and frequency, however, during the last 5 years we identified the opposite pattern. In landscapes occupied by pasture and vegetation with high to intermediate coverage and high border density, we identified a greater relationship with the increase of fire occurrence and the extent of burned areas. Landscapes with a higher density of roads were indicative of a higher occurrence of fire. Proportionately to the amount of vegetation in the landscape, areas with greater vegetation cover had fewer fire foci. Only during the last 10 years (2010 to 2020) there was a diminishing pattern of fire occurrence in landscapes, due to the presence of Sustainable Use Conservation Units, mainly due to the Private Natural Heritage Reserves (RPPNs) created during that period. Therefore, the study made it possible to spatially identify the largest wildfires in the Atlantic Forest of Bahia, a pattern of fire reduction during the 35 years analyzed, and relations of fire increase in landscapes characterized by a greater amount of pasture, borders and roads, and less proportion of vegetation. In this sense, we recommend conservation and restoration actions for the biome, focused on fire inspection and management and creation of new protected areas for the region, together with improvements on infrastructure and management of the established ones.

Keywords: Protected Areas, Landscape Ecology, Fire, MapBiomias, Remote Sensing.

Sumário

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	8
1.1 - Objetivo	11
1.2 - Área de Estudo	11
2. COMO O ESTUDO FOI REALIZADO	12
2.1- Características da Paisagem	12
2.2 - Análise da Dinâmica Espaço-Temporal do Fogo	17
2.3 - Análises Estatísticas	20
3. RESULTADOS	22
3.1 Dinâmica do Fogo nos Territórios de Identidade da Mata Atlântica Costeira da Bahia.....	22
3.2 Ocorrência e Frequência de Focos de Fogo nas Paisagens	22
3.3 Extensão e Proporção das Áreas Queimadas	29
4. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	36
4.1 A Mata Atlântica Costeira da Bahia Está Queimando Menos	36
4.2 Alta Densidade de Rodovias na Paisagem Aumenta a Ocorrência de Fogo.....	38
4.3 Maior Cobertura de Vegetação e Maior Densidade de Bordas na Paisagem Aumentam a Ocorrência e a Extensão das Áreas Queimadas	39
4.4 Maior Quantidade de Pastagem nas Paisagens Aumenta Ocorrência, Extensão e Proporção das Áreas Queimadas	40
4.5 RPPNs Diminuíram a Ocorrência do Fogo a Partir dos Últimos 10 Anos	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
APÊNDICES	53
APÊNDICE A- Gráficos da relação de ocorrência de fogo e as características das paisagens.	53
APÊNDICE B- Gráficos da relação de extensão das áreas queimadas e as características das paisagens.	58
APÊNDICE C- Gráficos da relação de proporção das áreas queimadas e as características das paisagens.	62



1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Mata Atlântica contém grande parte da biodiversidade global, apesar de estar entre os ecossistemas mais ameaçados do mundo (Myers et al., 2000; Laurence, 2009). Originalmente a floresta ocupava mais de 1.450.000 km², cerca de 17% do território nacional, desde o litoral do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul (Joly et al., 2014). Entretanto, devido a intensa ocupação e histórico de centenas de anos de degradação e mudanças no uso e cobertura da terra, atualmente a cobertura de Mata Atlântica no Brasil é de somente 28% de sua vegetação original (Rezende et al., 2018) (Fig. 1). A Bahia é um dos estados líderes em desmatamento neste bioma, segundo levantamento de remanescentes da Mata Atlântica: no último estudo referente aos anos de 2019 e 2020 a Bahia é o segundo estado com maior área (em hectares) de Mata Atlântica devastada (3.230 ha) (Fundação SOS Mata Atlântica; INPE, 2021).

A Mata Atlântica é uma floresta tropical úmida, com diversas fitofisionomias (IBGE, 1992). Legalmente, conforme definia o Decreto Federal n. 750 de 10 de fevereiro de 1993 (BRASIL, 1993, art. 3) e, atualmente, a Lei n. 11.428 de 22 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006, art. 2) e o Decreto n. 6.660, de 21 de novembro de 2008 (BRASIL, 2008), o bioma abrange as seguintes formações florestais e ecossistemas associados: “*Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual; campos de altitude; manguezais, restingas, campos salinos e áreas aluviais; refúgios vegetacionais; áreas de tensão ecológica; brejos interioranos e encraves florestais, representados por disjunções de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual; áreas de estepe, savana e savana-estépica; e vegetação nativa das ilhas costeiras e oceânicas*”.

As consequências do aquecimento global para os ambientes naturais estão entre as grandes preocupações da atualidade. O aumento da temperatura já é observado e como resultado há um aumento na ocorrência e severidade de incêndios florestais (Flannigan et al., 2013). Algumas condições precisam ser atendidas para a ocorrência de fogo: disponibilidade

de material combustível, uma fonte de ignição e condições favoráveis do clima (Dwyer et al., 2000). As mudanças climáticas tendem a modificar as condições dos ambientes, podendo torná-los mais secos, dessa maneira, com maiores quantidades de biomassa combustível, e com temperaturas mais altas, garantindo condições mais favoráveis para a ocorrência de fogo (Herawati & Santoso, 2011).

Além dos fatores naturais intensificados por ações humanas, algumas atividades humanas são diretamente ligadas aos incêndios florestais. No Brasil, a agropecuária é um dos maiores exemplos, pois tradicionalmente, o fogo é utilizado como ferramenta para abertura e manejo de áreas destinadas à essas atividades por ser um método eficiente e de baixo custo (Caúla et al., 2015), no entanto, essa prática favorece o desmatamento e causa incêndios florestais na Mata Atlântica (dos Santos et al., 2019; Guedes et al., 2020). No ano de 2020 a partir de imagens de satélite, foi estimada uma área queimada de cerca de 1.941 km² em áreas de vegetação natural e pastagem e/ou agricultura, somente na Mata Atlântica (Projeto MapBiomias, 2022). Tendo em vista esses números, é válido acrescentar que de 1985 a 2021 as áreas de agricultura e pastagem no Brasil possuíram uma alta taxa de crescimento, de cerca de 228% e 38,8%, respectivamente (Projeto MapBiomias, 2022).

O fogo acontece de forma natural em muitos ecossistemas, sem necessitar de intervenções humanas diretas para iniciá-lo. Por exemplo, o fogo faz parte da história evolutiva do Cerrado brasileiro, dessa maneira, a vegetação deste ambiente possui adaptações para sobreviver, se regenerar e conviver em harmonia com o fogo quando este ocorre por vias naturais (Pilon et al., 2021). Entretanto, esse não é o caso da Mata Atlântica, este é um bioma sensível ao fogo, que necessita da interferência antrópica para sua ocorrência (Diele-Viegas et al., 2022). A vegetação desse bioma não possui as adaptações necessárias para que haja uma convivência harmônica com esse fenômeno (Cochrane, 2003). Dessa maneira, os impactos gerados pelo fogo na vegetação são mais intensos, modificam a estrutura da vegetação e as características do solo, além de provocar uma alta taxa de mortalidade da vegetação (Menezes et al., 2019). Ademais, queimadas frequentes ainda podem afetar a capacidade da floresta se regenerar, pois a ocorrência de incêndios altera o banco de sementes presentes no solo (Kennard et al., 2002; Rocha et al., 2022), diminui a umidade e aumenta a probabilidade de recorrência desses incêndios (Cochrane, 2003).

O ramo de estudo da ecologia das paisagens se concentra nas interações entre padrões espaciais e processos ecológicos (Turner, 2005). Certas características da paisagem como a presença de rodovias e a proximidade a centros urbanos são apontadas como potencializadoras para eventos de incêndios florestais, já que são responsáveis por permitir

maior acesso humano a áreas de vegetação mais afastadas dos centros urbanos (Hantson et al., 2014; dos Santos et al., 2019; Guedes et al., 2020; Anjos et al., 2022).

Em contrapartida, a presença de áreas de proteção nas paisagens pode ser considerada como uma grande estratégia para conservação da vegetação, já que essas áreas mesmo com diferentes graus de proteção, ainda garantem maior controle em relação às intervenções humanas nesses territórios (Mansuy et al., 2019). Dessa maneira, as áreas de vegetação dentro de áreas protegidas são quatro vezes mais protegidas contra a supressão de vegetação do que áreas sem nenhuma proteção formal (Gonçalves-Souza et al., 2021). No Brasil, a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL,2000) foi o marco na legislação ambiental que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) em 2000, que definiu as Unidades de Conservação (UCs) da maneira que são organizadas atualmente, classificadas em dois tipos: de Proteção Integral, responsáveis por manter os ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais; e de Uso Sustentável, onde é admitida a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.



1.1 - Objetivo

Como características da paisagem têm o potencial de influenciar a dinâmica dos incêndios florestais, é essencial que esse entendimento seja incluído durante o desenvolvimento de estratégias de manejo voltadas à prevenção e controle para uma maior efetividade na gestão do fogo. Assim, o **objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre a dinâmica espacial-temporal do fogo e a estrutura e composição das paisagens localizadas na Mata Atlântica costeira do estado da Bahia, a fim de subsidiar a gestão de incêndios florestais para a região e avaliar os potenciais impactos de intervenções como supressão de vegetação e abertura de novas rodovias sobre a ocorrência de incêndios**. Para isso, apresentamos características gerais de um histórico de 35 anos das paisagens da Mata Atlântica costeira da Bahia (Fig. 1) com base em dados de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica obtidos a partir da base de dados do MapBiomas, e uma análise de como essas características influenciam na ocorrência, frequência de fogo, extensão e proporção das áreas queimadas.

1.2 - Área de Estudo

A área foco do estudo é a Mata Atlântica costeira da Bahia (Fig. 1), que se estende do norte do município de Jandaíra no território de identidade do Litoral Norte e Agreste baiano, ao sul do estado, no município Mucuri no território de identidade do Extremo Sul. A oeste, o bioma faz divisa com a Caatinga.

As principais Unidades de Conservação (UCs) encontradas na região são: Reserva Extrativista de Canavieiras, Parque Nacional do Descobrimento, Parque Nacional do Monte Pascoal, Reserva Extrativista Corumbau, Área de Proteção Ambiental Caminhos Ecológicos da Boa Esperança, Parque Nacional Pau Brasil, Reserva Biológica de Una, Área de Proteção Ambiental Baía de Camamu, Área de Proteção Ambiental da Baía de Todos os Santos, Reserva Particular do Patrimônio de Corumbal, Parque Nacional Serra das Lontras.

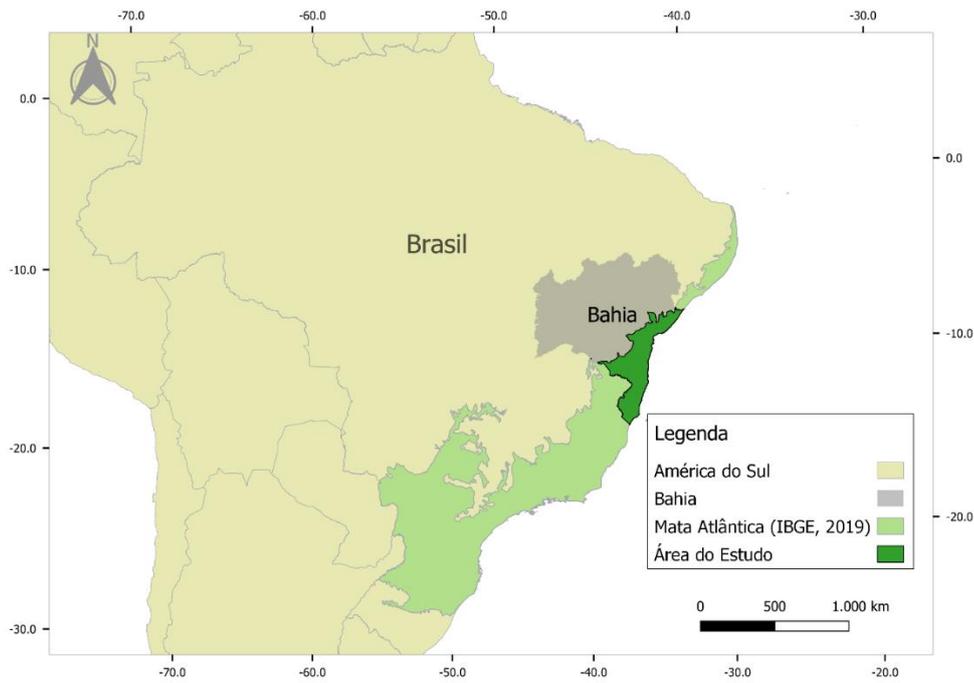


Figura 1. Localização da área de estudo. Mata Atlântica costeira da Bahia, Brasil

2. COMO O ESTUDO FOI REALIZADO

2.1- Características da Paisagem

Para caracterizar as paisagens para este estudo, elegemos algumas variáveis espaciais ou métricas da paisagem, que segundo outras pesquisas (Armenteras et al., 2013; dos Santos et al., 2019; Guedes et al., 2020), influenciam no regime de incêndios florestais. Assim escolhemos as seguintes características da paisagem: porcentagem de cobertura de vegetação natural, densidade de bordas de vegetação, porcentagem de pastagem, densidade de rodovias, porcentagem de Unidades de Conservação de Proteção Integral, Unidades de Conservação de Uso Sustentável e Territórios Indígenas.

Segundo outros estudos...

Cobertura de Vegetação Natural e Densidade de Bordas: paisagens com grande proporção de fragmentação, e com maiores densidades de borda, possuem maior probabilidade de queima (Cochrane, 2001; Guedes et al., 2020; de Assis Barros, 2021, Driscoll et al, 2021). Bordas de vegetação podem ser menos úmidas, com maior incidência de radiação solar e ventos (Ries et al., 2004), e por isso mais propensas à ocorrência de fogo.

Rodovias: a presença de rodovias tende a favorecer o acesso às áreas de floresta e a conversão do uso e cobertura da terra (Freitas et al., 2010), e conseqüentemente tende a promover nas suas proximidades mais focos de fogo e áreas queimadas (Jaiswall et al., 2002; Argibay et al., 2020; Guedes et al., 2020).

Pastagem: paisagens dominadas por pastagem tendem a apresentar o mesmo padrão de aumento de focos de fogo, considerando que o fogo nesse tipo de matriz é frequentemente utilizado como uma forma de manejo (Araújo et al., 2012; dos Santos et al., 2019; Guedes et al., 2020; de Assis Barros et al., 2021).

Áreas Protegidas (UCs): paisagens delimitadas por áreas de proteção tendem a possuir menor ocorrência de fogo, considerando que essas áreas tendem a dar maior proteção a vegetação, incluindo áreas de vegetação circundantes (Nelson, et al., 2011; Gonçalves-Souza et al., 2021).

Para calcular as métricas da paisagem como vegetação natural (%), densidade de bordas e pastagem (%), analisamos mapas de uso e cobertura da terra de um período total de 36 anos (1985 a 2020) referente ao território da Mata Atlântica costeira da Bahia. Os mapas analisados foram obtidos a partir da base de dados MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>) que disponibiliza mapas temáticos do uso e cobertura da terra de todo o território brasileiro anualmente e de forma gratuita (ex. Fig. 2). Esses mapas temáticos representam a distribuição espacial dos tipos de atividades antrópicas que podem ser identificadas por seus padrões característicos na superfície terrestre através da análise em imagens obtidas por satélites. E a identificação dessa distribuição é importante pois orienta a ocupação da paisagem (Leite & Rosa, 2012).

Os mapas temáticos gerados pelo MapBiomas são produzidos a partir de algoritmos de classificação automática de imagens de satélite da família Landsat com amostras validadas por especialistas. Os mapas utilizados neste estudo corresponderam a coleção 6, sendo que neste estudo as análises foram realizadas em intervalos de 5 anos. Assim, as análises de paisagem foram realizadas para os anos de 1985, 1990 1995, 2000, 2005, 2010 e 2015.

A vegetação natural considerada nesse estudo é referente às classes de floresta e formação natural não-florestal e o item pastagem é referente ao nível pastagem e/ou mosaico agricultura pastagem, conforme o mapeamento de uso e cobertura da terra do MapBiomias. Já densidade de bordas é referente à quantidade de bordas ou limites entre vegetação natural e outras classes.

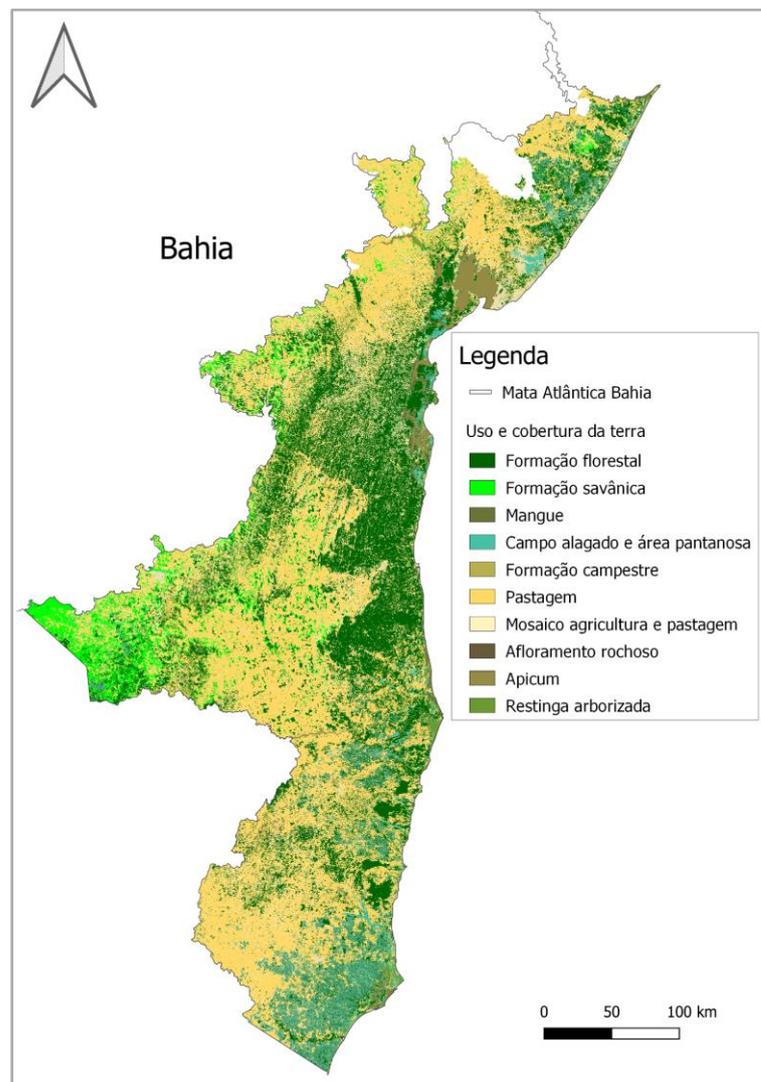


Figura 2. Caracterização do uso e cobertura da terra da região de Mata Atlântica costeira da Bahia. Fonte dos dados: MapBiomias, 2020.

A densidade de rodovias foi calculada como a soma do comprimento das rodovias nas paisagens analisadas. Os arquivos (extensão *shapefile*) referente as rodovias federais e estaduais foram obtidos a partir da base de dados de infraestruturas rodoviárias do MapBiomias, em: https://mapbiomas.org/dados-de-infraestrutura?cama_set_language=pt-BR,

referente aos anos de 1999 a 2021. Assim, as rodovias só entraram nas análises dos períodos de 2000 a 2020.

Os arquivos (extensão *shapefile*) referentes aos limites das Unidades de Conservação (UCs) presentes na região em cada período estudado, foram obtidos na base de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019). A parte da Mata Atlântica delimitada para o estado da Bahia abriga 133 Unidades de Conservação, dentre essas 21 são de categoria de Proteção Integral e 112 de Uso Sustentável (Tabelas 1 e 2). As UCs criadas em qualquer um dos 5 anos de cada período foram consideradas e fizeram parte dos mapas referentes a cada período. No final foram gerados sete mapas para cada categoria de UC referente aos períodos de 1985 a 1990; 1991 a 1995; 1996 a 2000; 2001 a 2005; 2006 a 2010; 2011 a 2015 e 2016 a 2020.

Os arquivos referentes aos Territórios Indígenas (extensão *shapefile*) também foram obtidos na base de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019), porém nesta base não foi possível obter a informação do ano da criação de cada território. Desta forma, geramos um único mapa com os 12 Territórios Indígenas da Mata Atlântica costeira da Bahia (Fig. 4).

Tabela 1. Tipos e quantidades de Unidades de Conservação de Uso Sustentável da Mata Atlântica costeira da Bahia (MMA, 2019).

Tipos de UCs de Uso Sustentável (US)	estadual	federal	municipal	Total
Área de Proteção Ambiental	13			13
Área de Relevante Interesse Ecológico			1	1
Reserva Extrativista		4		4
Reserva Particular do Patrimônio Natural	41	53		94
Total	54	57	1	112

Tabela 2. Tipos e quantidades de Unidades de Conservação de Proteção Integral da Mata Atlântica costeira da Bahia (MMA, 2019).

Tipos de UCs de Proteção Integral (PI)	estadual	federal	municipal	Total
Estação Ecológica	1			1
Monumento Natural	1		1	2
Parque	4	6	2	12
Refúgio de Vida Silvestre	1	3		4
Reserva Biológica		2		2
Total	7	11	3	21

Importante destacar que no presente estudo não se objetiva avaliar a efetividade das Unidades de Conservação ou dos Territórios Indígenas, mas como essas áreas podem afetar a paisagem em escala maior.

As métricas da paisagem para cada período foram calculadas no ambiente R (R Development Core Team, 2009) a partir do pacote

LandscapeMetrics (Hesselbarth et al., 2019). As

métricas foram calculadas a partir de uma grade regular definida com base nos limites do Estado da Bahia e do bioma Mata Atlântica obtidos na base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2022) (Fig. 3). Os dois limites foram sobrepostos, e a partir da área de sobreposição foi definido o limite da grade regular, com quadrículas de 10 x10 km de tamanho. No total, a grade regular foi composta de 1.278 quadrículas, cada uma com uma identificação única, sendo que cada quadrícula correspondeu a uma paisagem de 100 km². A figura 4 resume a metodologia descrita.

LandscapeMetrics: pacote R de código aberto que supera muitas restrições de outros softwares de métricas de paisagem existentes. O pacote inclui uma extensa coleção de métricas de paisagem, em um fluxograma organizado. Para saber mais acesse: <https://cran.r-project.org/web/packages/landscapemetrics/landscapemetrics.pdf>

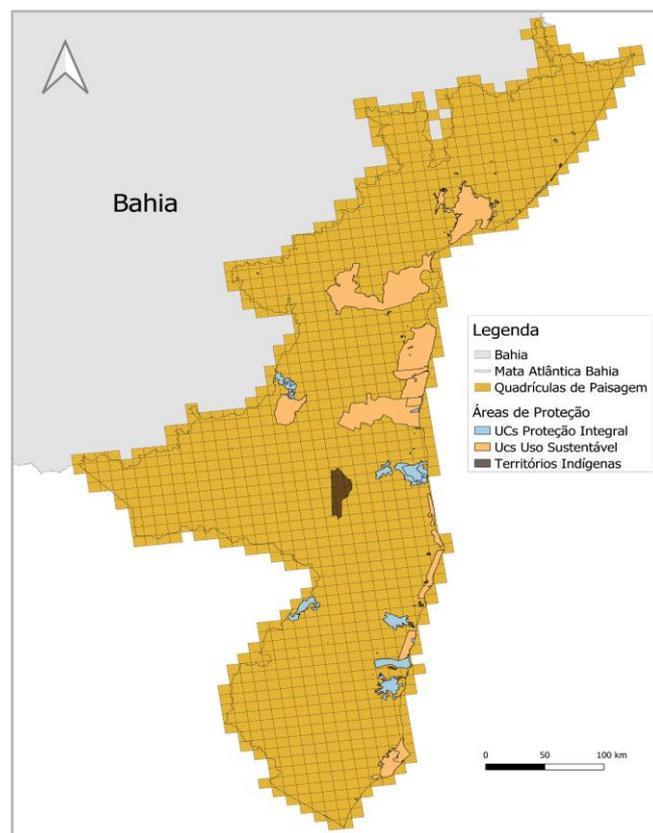


Figura 3. Grade regular utilizada para o cálculo das métricas da paisagem. Quadrículas = unidades de paisagem utilizadas no estudo delimitadas para a Mata Atlântica costeira da Bahia. Unidades de

Conservação e Territórios Indígenas foram utilizados no estudo como umas das características das paisagens.

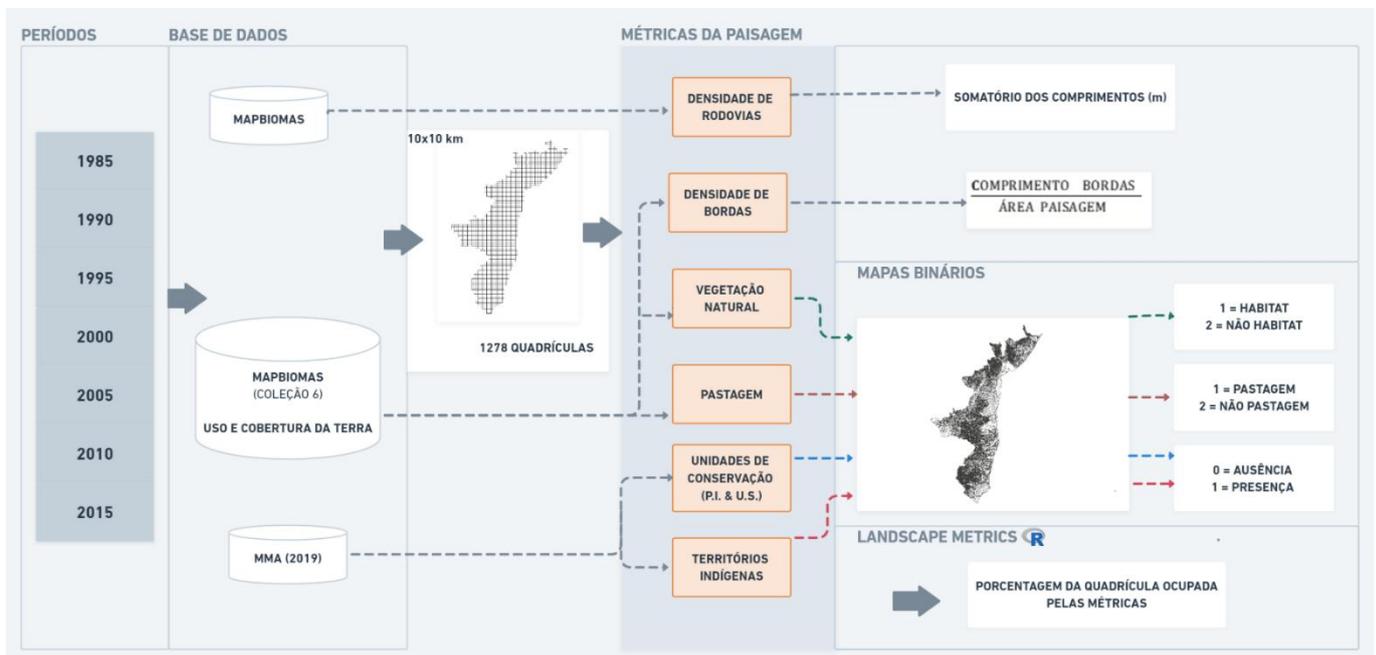


Figura 4. Fluxograma da metodologia utilizada na quantificação das características da paisagem.

2.2 - Análise da Dinâmica Espaço-Temporal do Fogo

A dinâmica espaço-temporal do fogo foi caracterizada a partir das seguintes variáveis: ocorrência (presença/ausência) de focos de fogo, frequência média de focos de fogo, extensão da área queimada e proporção da área queimada. Todas essas variáveis foram obtidas para cada quadrícula (paisagem) no intervalo de 5 anos. Enquanto que as características da paisagem foram medidas para o ano inicial de cada período. No entanto, para as variáveis do fogo não incluímos o primeiro ano de cada período para evitar que as métricas da paisagem calculadas se confundissem com os próprios efeitos do fogo, já que a porcentagem de área ocupada ou não por vegetação pode se relacionar com a área que foi queimada em um período prévio. Assim, por exemplo, dados de fogo do período 1986 a 1990 podem ser afetados pelas características de uso e cobertura da terra do período anterior, ou seja, o ano de 1985.

As informações espaço-temporais do fogo nos anos de 1986 a 2020 foram obtidos na base de dados do MapBiomas Fogo. Esses dados, estão em sua Coleção Mapbiomas Fogo 1, lançada em 2020, e podem ser acessados gratuitamente a partir de um *toolkit* específico no aplicativo *Google Earth Engine* (Gorelick et al., 2017). As informações disponibilizadas pelo

MapBiomass incluem mapas anuais sobre a extensão das áreas queimadas e mapas de frequência de queima agrupados em intervalos de anos. Os mapas foram recortados para a área da Mata Atlântica costeira da Bahia e agrupados em intervalos de cinco anos para todo o período analisado.

> *Explicação para Especialistas*

Para maiores esclarecimentos sobre a produção da classificação das cicatrizes de fogo do MapBiomass, produto da Coleção Fogo 1:

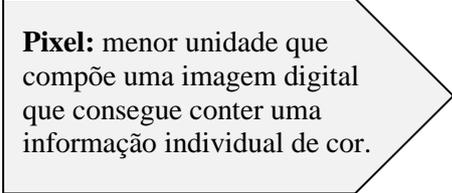
Os mapas são produzidos pelo MapBiomass, a partir das seguintes etapas: I) mapas de referência do MODIS Burned Area (MCD64A1 - <https://lpdaac.usgs.gov/products/mcd64a1v006/>), um produto da NASA, que detecta áreas queimadas pixel a pixel, com 500 m de resolução espacial; II) dados de focos de calor do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (<https://queimadas.dgi.inpe.br/>) e III) imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8, de 30m de resolução espacial e 16 dias de resolução temporal, ou seja, tempo de retorno do satélite para o mesmo ponto da superfície terrestre a cada 16 dias (Souza et al., 2020).

A soma dos mapas pelo período de cinco anos permitiu identificar qualquer **pixel** referente à área queimada na superfície terrestre por período analisado. Na sequência foi calculada a porcentagem de área queimada por quadrícula (aqui chamada como extensão de área queimada) a partir do mesmo pacote utilizado para as métricas de paisagem, o

LandscapeMetrics, utilizado no ambiente R. A extensão de área queimada foi calculada somente para as áreas identificadas como vegetação natural no ano anterior ao período analisado e representa a área que foi queimada ao menos uma vez durante aquele período.

A proporção das áreas queimadas corresponde à extensão de área queimada dividida pela área de vegetação natural do início do referido período, ou seja, enquanto extensão de área queimada é a quantidade total de vegetação que queimou, a proporção de área queimada é a proporção da vegetação que queimou naquela paisagem em comparação com a quantidade total de vegetação existente.

Para este estudo foi selecionado o intervalo de 1985 a 2020 para analisar o histórico de frequência de fogo na área de estudo. Na sequência, foi calculado o valor médio de frequência de fogo para cada período. Para saber a porcentagem de quadrículas (paisagens)



Pixel: menor unidade que compõe uma imagem digital que consegue conter uma informação individual de cor.

que queimaram ao menos uma vez durante o período, foi calculada a quantidade de quadrículas que tiveram focos de fogo ao menos uma vez durante todo o período e dividido pelo total de quadrículas. Todas as etapas realizadas para o processamento dos mapas temáticos e das informações espaço-temporais do fogo foram realizadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) gratuito QGIS 2.18 (QGIS Development Team, 2022). A figura 5 resume a metodologia descrita.

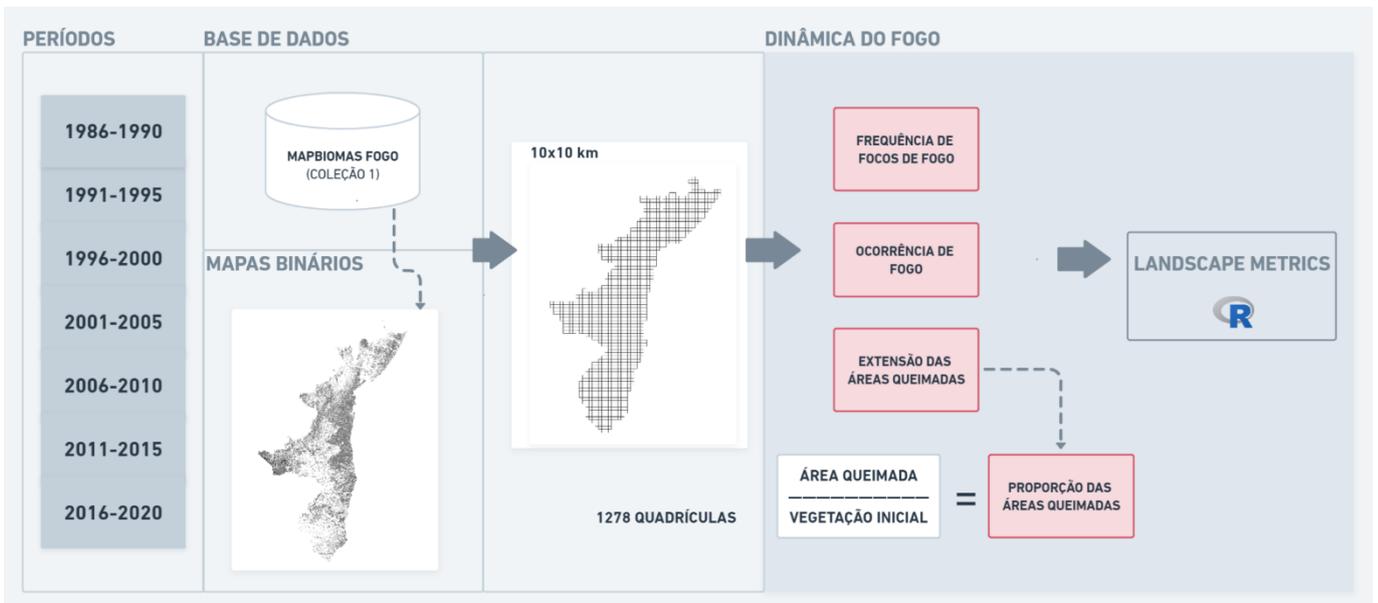


Figura 5. Fluxograma da metodologia utilizada na quantificação da dinâmica do fogo.



Fonte: arquivo pessoal

2.3 - Análises Estatísticas

A modelagem estatística é um conjunto de técnicas probabilísticas que auxiliam no entendimento de quais relações são corroboradas pelos dados. A ideia por trás dessa metodologia é criar um modelo matemático que consiga descrever as relações entre as variáveis e eventualmente possibilitar a previsão. Os modelos ajustados foram escolhidos segundo o tipo dos dados e o formato dos resultados que se pretendia obter com eles.

Foram ajustados modelos estatísticos para examinar a relação das métricas da paisagem (porcentagem de vegetação natural, densidade de bordas, porcentagem de pastagem, densidade de rodovias, porcentagem da quadrícula ocupada por UCs de Uso Sustentável, por UCs de Proteção Integral e por Territórios Indígenas) com a dinâmica espaço-temporal do fogo (ocorrência de focos de fogo, extensão das áreas queimadas e proporção das áreas queimadas) ao longo dos períodos estudados.

Os modelos aplicados avaliaram as relações entre as variáveis da paisagem e as variáveis relacionadas à dinâmica espaço-temporal do fogo. Foi levado em consideração que quadrículas mais próximas são mais similares entre si para a probabilidade de ocorrência do fogo, levando em conta também a possibilidade de relações não lineares. As análises foram realizadas no ambiente R, no qual foram ajustados modelos individuais para a relação de cada variável resposta (dados de dinâmica do fogo) com cada variável explanatória (características da paisagem).

> *Explicação para Especialistas*

Em todas as análises, foi avaliado o efeito de cada variável explanatória individualmente ao invés de ajustar modelos completos ou com mais de uma variável. Essa escolha se deu por conta de dois fatores. Primeiramente, o objetivo era avaliar as relações da dinâmica do fogo com cada característica da paisagem e não propor modelos que combinem mais de uma variável neles. Além disso, a inclusão de mais de uma variável explanatória em alguns casos tornava os modelos com autocorrelação espacial demasiadamente complexos, impedindo seu ajuste ou levando a erros de convergência.

Para investigar a relação entre as variáveis explanatórias (características da paisagem) com a ocorrência de fogo, que são dados de presença-ausência (presença ou ausência de fogo naquela paisagem), ajustamos um Modelo Misto Aditivo Generalizado (GAMM, da sigla em inglês para *Generalized Additive Mixed Model*). O GAMM corresponde a um modelo que pode indicar relações não-lineares entre as duas variáveis e incluir autocorrelação espacial. Foi ajustado um modelo com

todas as variáveis explanatórias e testadas as suas premissas, usando a distribuição binomial, apropriada para dados de presença-ausência. Então, se avaliou se as variáveis eram independentes utilizando o Fator de Inflação da Variância (VIF, da sigla em inglês para *Variance Inflation Factor*) e foi examinada a distribuição dos resíduos a fim de identificar padrões residuais e outliers; em seguida, foi avaliada a autocorrelação espacial nos resíduos (como indicado por Zuur et al., 2009). Por fim, foi aplicado um modelo GAMM para cada variável explanatória, e devido à autocorrelação detectada nos dados foi adicionada a função de autocorrelação esférica *corSpher* no modelo, do pacote *nlme* no ambiente R (Pinheiro et al., 2013). Foi utilizado o pacote *mcgv* do R para a análise de GAMM (Wood, 2011).

Para investigar as relações da extensão e da proporção das áreas queimadas com as variáveis explanatórias da paisagem foram utilizados somente dados das quadrículas (paisagens) com presença de fogo, e foram ajustados Modelos Lineares Mistos (LMMs). Os LMMs são uma extensão dos modelos lineares simples, porém aceitam efeitos aleatórios e fixos, e podem ser usados quando as unidades amostrais não são independentes. Primeiro, para cada variável resposta (extensão de área queimada e proporção de área queimada) foi ajustado um Modelo Linear Generalizado (GLM, da sigla em inglês para *Generalized Linear Model*) com todas as variáveis explanatórias (características da paisagem). Para avaliar a independência das variáveis foi calculado o VIF. Em seguida, os dados foram transformados em escala logarítmica a fim de ajustá-los à uma distribuição normal, a qual foi verificada visualmente e por meio do teste de Shapiro-Wilk. Finalmente, foi ajustado um modelo LMM para cada variável explanatória, e adicionado a função de autocorrelação esférica *corSpher* nesses modelos. Foi utilizado o pacote do R *nlme* para a análise de LMM.

Não foi aplicado um modelo para analisar os dados de frequência de focos de fogo devido a dificuldades em modelar a distribuição dos dados. Assim, para estes dados, foi utilizada uma regressão linear simples relacionando a frequência média de focos de fogo por período, além de uma análise descritiva geral. Uma regressão linear simples também foi aplicada para analisar a relação dos dados de ocorrência de focos de fogo (número total de focos de fogo) e os períodos de tempo, para descrever um padrão geral do período analisado.

3. RESULTADOS

3.1 Dinâmica do Fogo nos Territórios de Identidade da Mata Atlântica Costeira da Bahia

Em todo o período analisado, ou seja, 35 anos, em 97% das paisagens da Mata Atlântica costeira ocorreram focos de fogo ao menos uma vez. Sendo que, as maiores frequências de queima estão na região do sudoeste baiano, nos Territórios de Identidade do Sudoeste baiano, Médio Sudoeste da Bahia, Costa do Descobrimento e Extremo sul (Fig. 6). A parte mais oeste possui divisa com o bioma Caatinga, e além de maior frequência de queima apresenta as maiores concentrações de focos de fogo, principalmente nos territórios de identidade do Sudoeste baiano, Costa do Descobrimento e Extremo sul. Em toda a Mata Atlântica costeira foi possível observar diminuição nos focos a partir do período de 2006 a 2010. Na porção sul, principalmente no território do Sudoeste baiano, essa diminuição foi mais acentuada (Fig. 7).

Os **Territórios de Identidade** da Bahia foram definidos em 2007 pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (**SEI**), e essa regionalização atualmente serve de base para as políticas públicas implantadas no âmbito estadual (SEI, 2018).

3.2 Ocorrência e Frequência de Focos de Fogo nas Paisagens

Houve uma redução de ocorrência de focos de fogo (número de focos) ao longo do período de tempo analisado de 35 anos ($R^2=0.89$, $p=0.0009$). No geral, houve uma redução de 20,6% nas paisagens com ocorrência de focos de fogo. No primeiro período, de 1986-1990, foi identificado um número total de 1.172 quadrículas com focos de fogo, enquanto que no período de 2016-2020, houve 931 quadrículas com fogo. Durante o período de 2001-2005 houve um aumento comparado ao período anterior, porém seguido de diminuição de ocorrência novamente nos períodos seguintes (Fig. 8).

O R^2 : é uma medida estatística de quão próximos os dados estão da linha de regressão, ou seja, é a porcentagem da variação da variável que é explicada por um modelo linear.

O R^2 varia de 0 – sem nenhuma relação entre as variáveis - a 1 – uma relação perfeita entre elas. Pode também ser representado em porcentagem (0 a 100%).

Assim como na ocorrência de focos de fogo, também houve uma redução ($R^2=0.73$, $p=0.009$) dos valores de frequência média de fogo por quadrícula durante o período (Fig. 9). Por conseguinte, houve um padrão geral de diminuição na frequência média de fogo na

vegetação da Mata Atlântica costeira da Bahia durante os 35 anos. No entanto, ocorreu um aumento durante o período 2001-2005, seguido de uma nova redução, e durante o período mais recente (2016-2020) foi possível observar um aumento em relação aos 10 anos anteriores.

A ocorrência de focos de fogo foi maior em paisagens com quantidades intermediárias de cobertura de vegetação natural entre os anos de 1990 e 2020 (Fig. 10). As paisagens com maior quantidade de cobertura vegetal apresentaram maior ocorrência de focos somente durante o período de 1996-2000 ($p=0.001$; Tabela 3).

A relação de ocorrência de fogo com densidade de bordas variou de maior ocorrência em paisagens com maiores densidades de borda durante 1991-1995 ($p<0.0001$), para uma relação não significativa no período seguinte, 1996-2000 ($p=0.086$). Entretanto, de 2000 a 2020, verificou-se uma maior ocorrência de fogo em paisagens com densidade intermediária de borda ($p<0.05$) (Fig. 11; Tabela 3).

A quantidade de pastagem/mosaico agricultura/pastagem foi a única variável da paisagem que apresentou uma relação significativa de aumento com a ocorrência de fogo na vegetação em todo o período analisado (Fig. 11; Tabela 3). Ainda, paisagens da Mata Atlântica costeira da Bahia com maior densidade de rodovias tiveram maior número de focos de fogo durante a maior parte do período estudado, ou seja, 2000 a 2015. Enquanto que, paisagens com densidade intermediária de rodovias tiveram maior probabilidade de ocorrência de focos de fogo durante o período mais recente (2016 a 2020) (Fig. 11).

Já a quantidade de área ocupada por UCs de Proteção Integral, os Territórios Indígenas, e na maior parte dos períodos, as UCs de Uso Sustentável, não apresentaram uma relação significativa com a ocorrência de incêndios na região de Mata Atlântica costeira da Bahia ($p < 0.05$; Tabela 3). Somente para os períodos de 2011-2015 e 2016-2020 (Fig. 11) houve uma relação de diminuição da ocorrência de fogo relacionada à presença de UCs de Uso Sustentável na região.

O valor p: é a chance ou probabilidade de o efeito observado ser devido ao acaso, e não aos fatores estudados.

Considera-se um resultado **significativo**, ou não obtido pelo acaso, quando $p > 0.05$ (ou 5%).

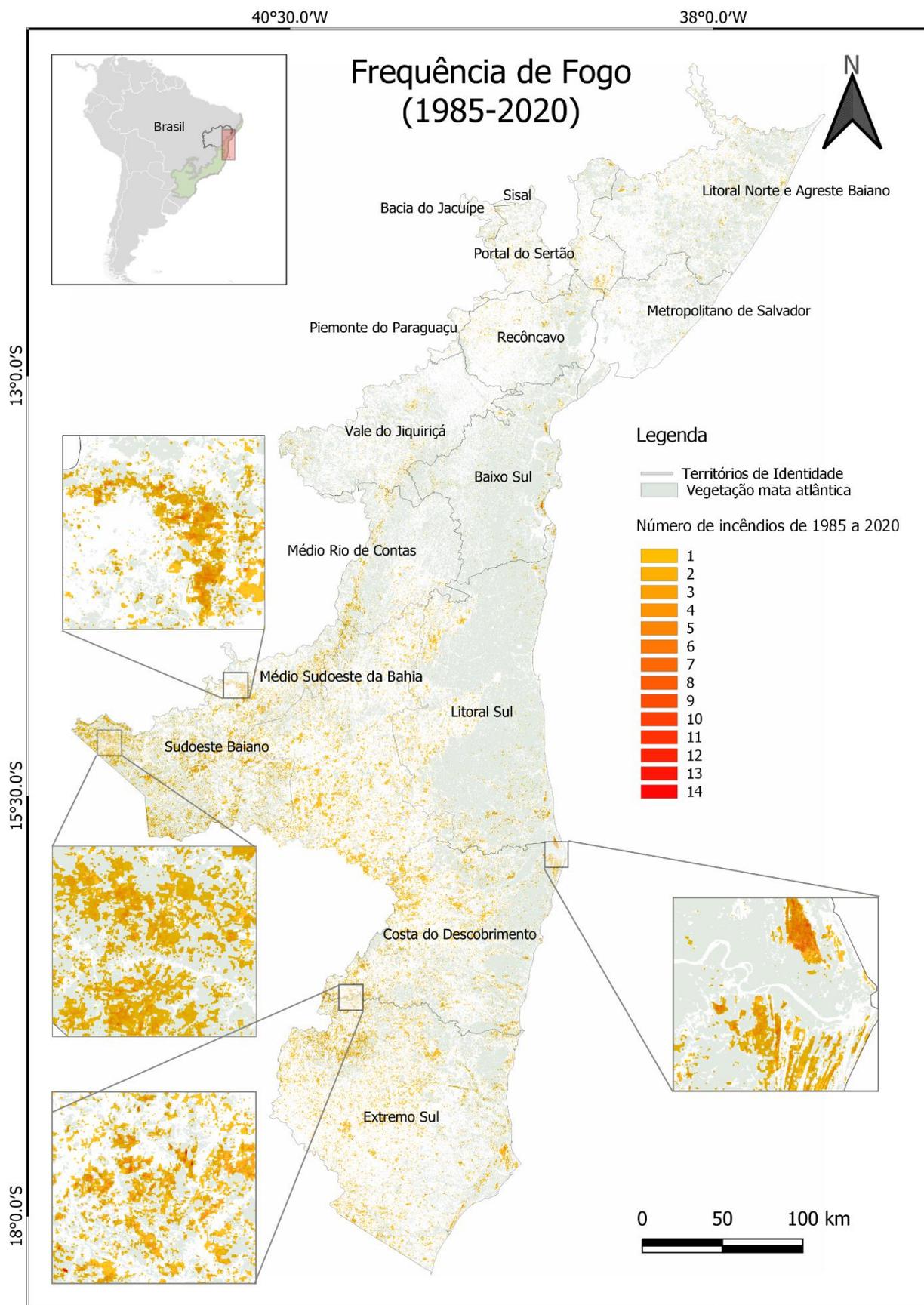


Figura 6. Frequência de detecção de focos de fogo. Frequência de detecção de focos de fogo nos Territórios de Identidade da Mata Atlântica costeira da Bahia, de 1985 a 2020. Fonte dos dados: MapBiomias, 2020.



Figura 7. Focos de fogo detectados nos Territórios de Identidade na porção sul da Mata Atlântica costeira da Bahia, de 1986-1990 a 2016-2020. Fonte dos dados: MapBiomas, 2020.

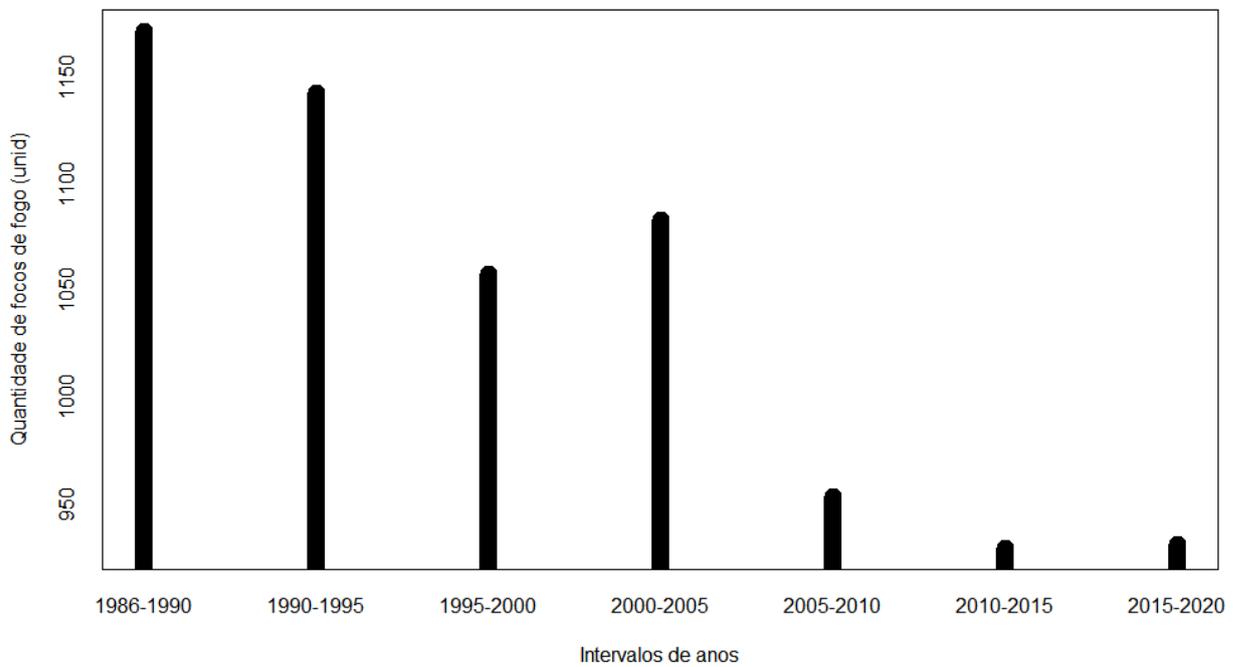


Figura 8: Quantidade de quadrículas de 10 x 10 km no domínio de Mata Atlântica costeira da Bahia com presença de focos de fogo durante os períodos estudados, de 1986 a 2020.

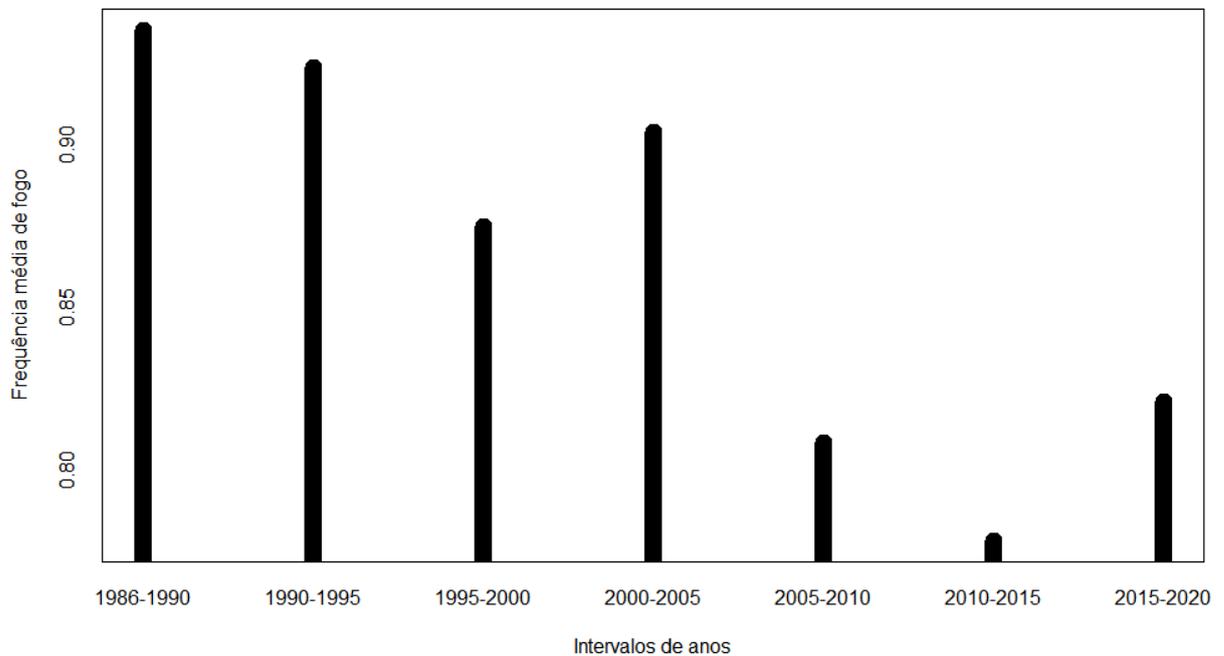


Figura 9: Valores de frequência média de focos de fogo por quadrícula de 10 x 10 km no domínio de Mata Atlântica costeira da Bahia durante os períodos estudados, de 1986 a 2020.

Vegetação Natural 2016-2020

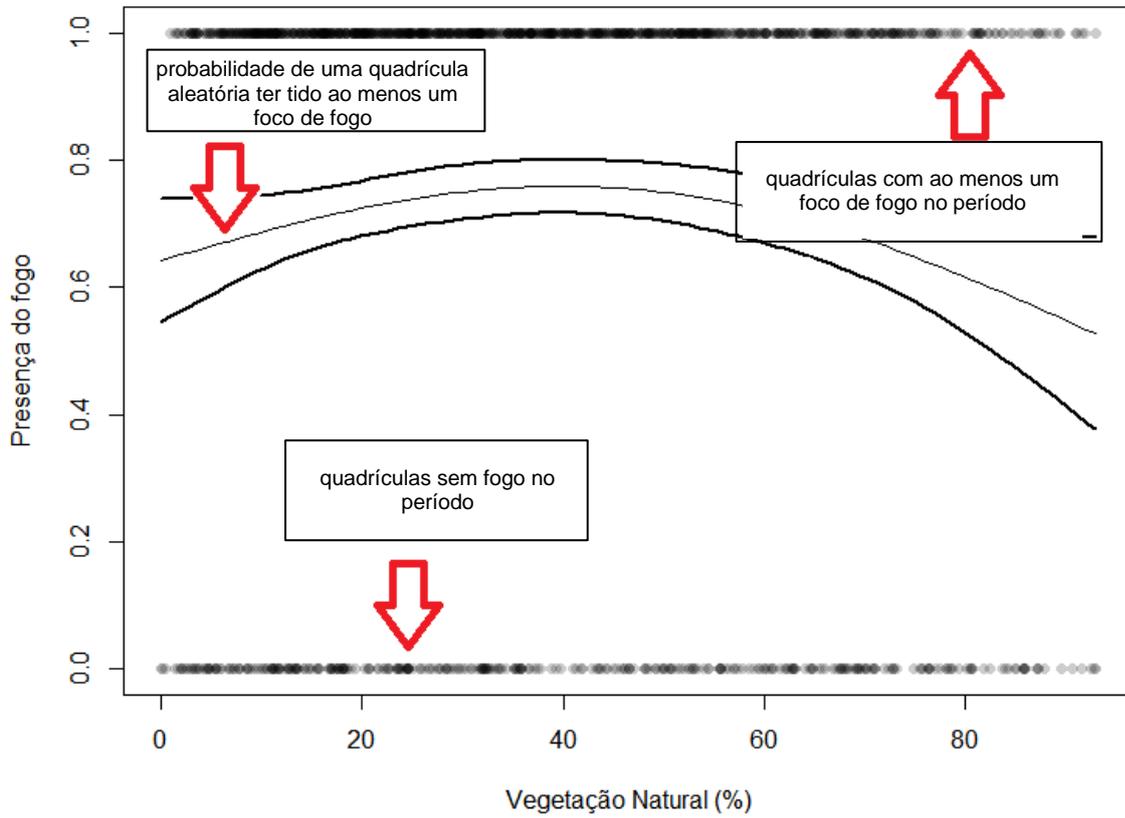


Figura 10: Relação da ocorrência de focos de fogo com a cobertura de vegetação natural para o período de 2016 a 2020.

Ocorrência do fogo 2016-2020

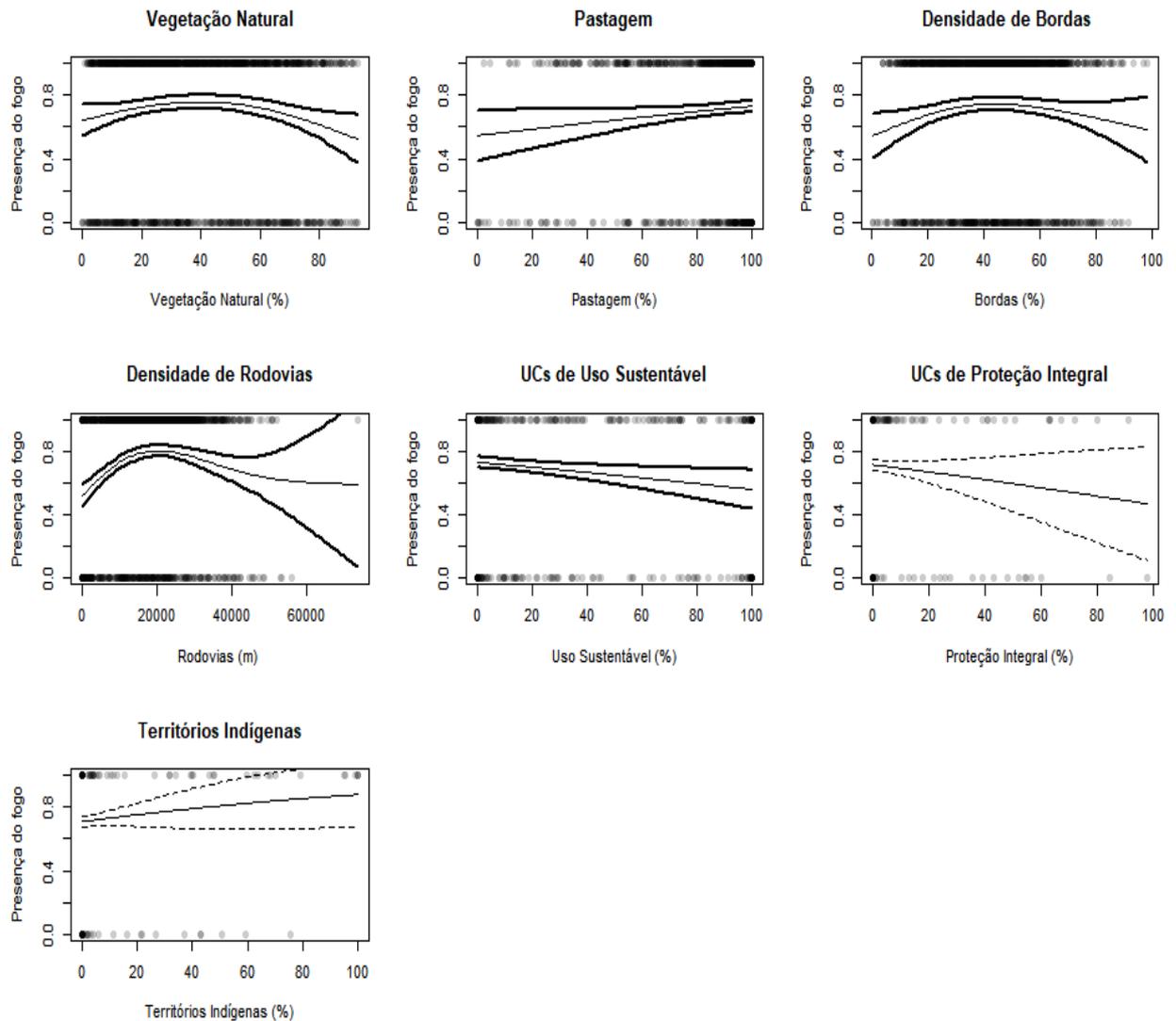


Figura 11. Relações da ocorrência (presença) de fogo com características das paisagens para o período de 2015-2020: vegetação natural (floresta), pastagem, densidade de bordas, densidade de rodovias, áreas de proteção (UCs de uso sustentável e de proteção integral; e territórios indígenas). A linha do meio de cada gráfico representa a tendência da relação, e as linhas laterais representam o intervalo de confiança 95% para a relação. Linhas laterais contínuas representam as relações estatisticamente significativas, e as linhas laterais tracejadas relações não significativas.

3.3 Extensão e Proporção das Áreas Queimadas

As maiores extensões de área queimada na Mata Atlântica costeira da Bahia ocorreram em paisagens caracterizadas por maior cobertura de vegetação natural, maior densidade de bordas, e maior porcentagem de pastagem/mosaico agricultura/pastagem. O período de 2011 a 2015 foi o único período em que a relação entre a extensão das áreas queimadas e a presença de pastagem não foi estatisticamente significativa ($p=0.86$). Entretanto, durante o período mais recente, de 2016 a 2020, essa relação foi apenas marginalmente significativa ($p=0.054$) (Fig. 12; Tabela 4). Sugerindo para os últimos 10 anos impactos menos claros da pastagem sobre a extensão de áreas queimadas.

A proporção das áreas queimadas, que refere-se a quantidade de áreas queimadas em relação as áreas de vegetação natural no início de cada período analisado, foi maior em paisagens com menor quantidade de vegetação (Fig. 13) (com exceção do período de 2006-2010, que não apresentou relação significativa, $p=0.83$), maior densidade de bordas (nos períodos 1986-1990, 1996-2000 e de 2011 a 2020 a relação não foi significativa, $p>0.05$) e maior quantidade de pastagem (com exceção para os 10 últimos anos quando essa relação não foi significativa) (Tabela 5).

As relações da extensão e proporção das áreas queimadas com a densidade de rodovias e a presença de unidades de conservação de Uso Sustentável não foram significativas para nenhum período estudado (Tabelas 4 e 5). A extensão das áreas queimadas foi marginalmente menor ($p=0.07$) na presença de unidades de conservação de uso mais restritivo, UCs de Proteção Integral, somente no período de 2001 a 2005, sendo que durante os demais períodos estudados essa relação não foi significativa. Por outro lado, a proporção das áreas queimadas foi menor na presença de UCs de Proteção Integral no período de 2001 a 2005 ($p=0.0$) e, também durante o período anterior, de 1996 a 2000 ($p=0.046$).

Com relação à presença de Territórios Indígenas, na maior parte dos períodos não houve influência na extensão ou proporção das áreas queimadas nas paisagens. Entretanto, houve maior extensão de área queimada ($p=0.013$) em quadriculas com Territórios Indígenas durante o período de 2011 a 2015, e maior proporção das áreas queimadas entre 2011 a 2015 ($p=0.036$) e 1986 a 1990 ($p=0.048$).

Extensão das Áreas Queimadas 2016-2020

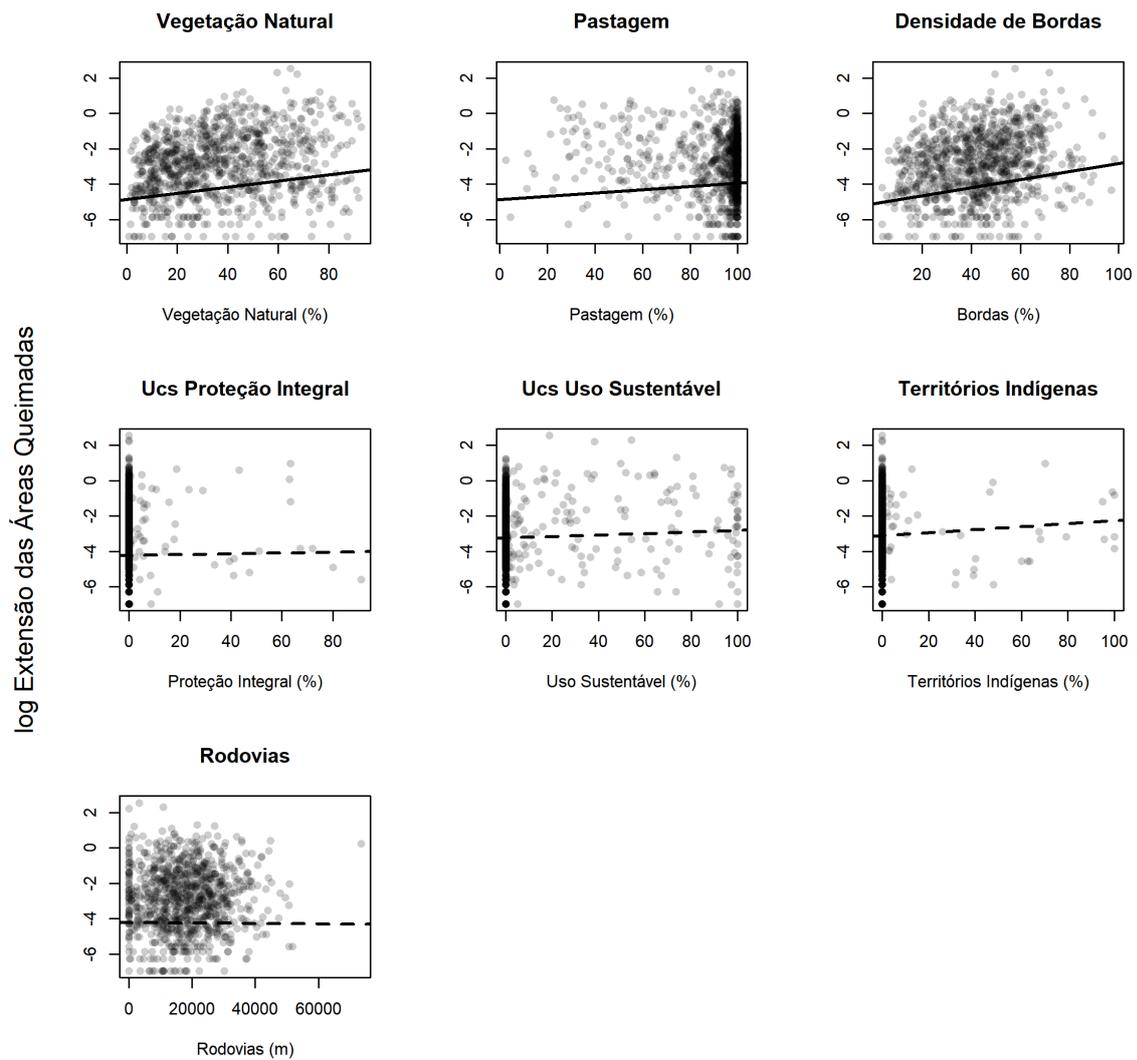


Figura 12. Relações entre extensão das áreas queimadas e as características das paisagens para o período de 2016 a 2020. Na ordem da figura: vegetação natural, pastagem, densidade de bordas, áreas de proteção (UCs de proteção integral e de uso sustentável; e territórios indígenas), rodovias. As linhas representam a tendência da relação, linhas contínuas representam resultados significativos e linhas tracejadas resultados não significativos.

Proporção das Áreas Queimadas 2016-2020

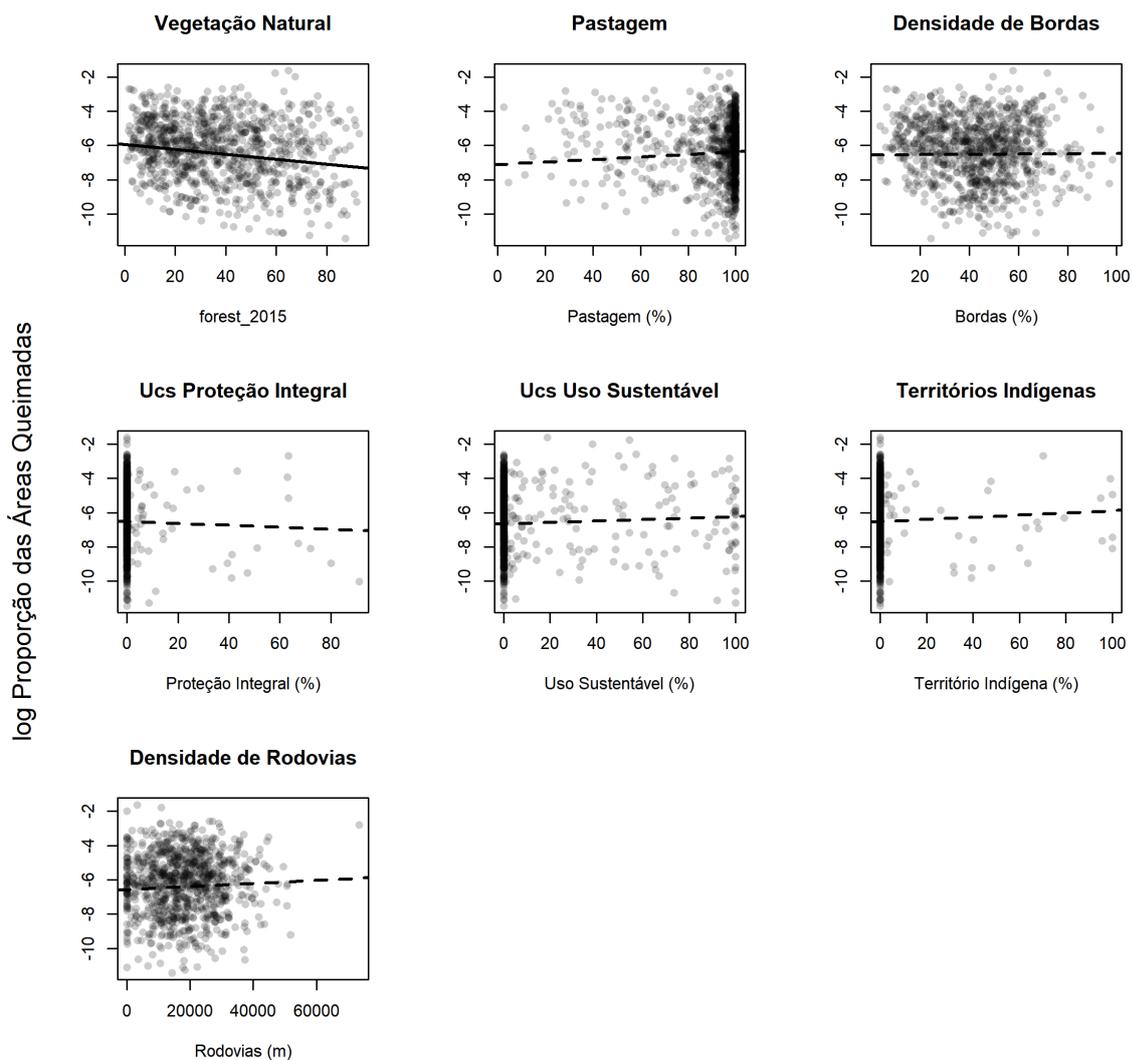


Figura 13. Relações entre proporção das áreas queimadas e as características das paisagens para o período de 2016 a 2020. Na ordem da figura: Vegetação natural, pastagem, densidade de bordas, rodovias, áreas de proteção (UCs de proteção integral e de uso sustentável; e territórios indígenas). As linhas representam a tendência da relação, linhas contínuas representam resultados significativos e linhas tracejadas cinzas resultados não significativos.

Tabela 3: Resultado da relação de ocorrência de fogo com características da paisagem da Mata Atlântica costeira da Bahia para os períodos de 1986 a 2020. Em negrito, as relações estatisticamente significativas.

		Ocorrência de Fogo						
		Vegetação Natural	Pastagem na matriz	Borda	Rodovias	UCs de Uso Sustentável	UCs de Proteção Integral	Territórios Indígenas
1986-1990	p-value	0.000	<2e-16	0.000			0.676	0.287
	edf	2.524	1	1			1	1
	R ²	0.041	0.071	0.022			0.000	0.001
1991-1995	p-value	0.000	0.000	0.000		0.343	0.599	0.244
	edf	2.247	1	1		1.652	1	1
	R ²	0.028	0.042	0.011		0.000	0.000	0.001
1996-2000	p-value	0.001	0.000	0.086		0.366	0.138	0.110
	edf	1.190	1	1		1	1	1
	R ²	0.022	0.034	0.001		0.009	0.003	0.005
2001-2005	p-value	<2e-16	<2e-16	0.000	0.000	0.109	0.214	0.161
	edf	2.433	1	2.680	1	1	1	1
	R ²	0.061	0.042	0.055	0.030	0.004	0.003	0.002
2006-2010	p-value	<2e-16	0.000	<2e-16	0.002	0.417	0.844	0.062
	edf	2.786	1	2.619	1	1	1	1
	R ²	0.089	0.010	0.059	0.013	0.000	-0.001	0.004
2011-2015	p-value	0.000	0.004	0.000	0.000	0.003	0.433	0.658
	edf	2.685	1	2.505	2.165	1	1	1
	R ²	0.043	0.006	0.023	0.022	0.012	0.000	-0.001
2016-2020	p-value	0.005	0.026	0.014	<2e-16	0.006	0.157	0.260
	edf	2.298	1.000	2.264	2.278	1	1	1.000
	R ²	0.017	0.003	0.009	0.056	0.013	0.003	-0.001

Tabela 4: Resultado da relação da extensão das áreas queimadas com características da paisagem da Mata Atlântica costeira da Bahia para os períodos de 1986 a 2020. Em negrito, as relações estatisticamente significativas. β é a inclinação da linha, valores negativos indicam relações negativas e vice-versa.

		Extensão das Áreas Queimadas						
		Vegetação Natural	Pastagem	Bordas	Rodovias	UCs de Uso Sustentável	UCs de Proteção Integral	Territórios Indígenas
1986-1990	p-value	0.000	0.002	0.000		0.117	0.338	0.061
	β	0.022	0.013	0.0166		-0.313	0.009	0.010
1991-1995	p-value	0.000	0.001	0.000		0.929	0.993	0.222
	β	0.020	0.015	0.027		0.000	0.000	0.0073
1996-2000	p-value	0.000	0.000	0.000		0.496	0.481	0.169
	β	0.014	0.023	0.0216		-0.003	-0.005	0.008
2001-2005	p-value	0.000	0.002	0.000	0.088	0.851	0.007	0.121
	β	0.021	0.014	0.028	0.000	0.000	-0.0207	0.009
2006-2010	p-value	0.000	0.000	0.000	0.447	0.326	0.098	0.378
	β	0.027	0.019	0.031	0.000	0.003	0.012	0.006
2011-2015	p-value	0.000	0.859	0.000	0.984	0.413	0.155	0.013
	β	0.018	0.0009	0.021	0.000	0.003	0.011	0.0199
2016-2020	p-value	0.000	0.054	0.000	0.872	0.281	0.779	0.240
	β	0.017	0.009	0.023	0.000	0.004	0.002	0.008

Tabela 5: Resultado da relação de proporção de área queimada com características da paisagem da Mata Atlântica costeira da Bahia para os períodos de 1986 a 2020. Em negrito, as relações estatisticamente significativas. β é a inclinação da linha, valores negativos indicam relações negativas e vice-versa.

		Proporção das Áreas Queimadas						
		Vegetação Natural	Pastagem	Bordas	Rodovias	UCs de Uso Sustentável	UCs de Proteção Integral	Territórios Indígenas
1986-1990	p-value	0.010	0.049	0.703		0.175	0.750	0.048
	β	-0.008	0.008	-0.001		-0.263	0.004	0.010
1991-1995	p-value	0.002	0.019	0.048		0.773	0.412	0.398
	β	-0.111	0.011	0.007		-0.001	-0.008	0.005
1996-2000	p-value	0.000	0.000	0.475		0.654	0.046	0.265
	β	-0.016	0.020	0.003		-0.002	-0.014	0.007
2001-2005	p-value	0.010	0.013	0.021	0.761	0.715	0.000	0.227
	β	-0.009	0.012	0.009	0.000	0.001	-0.031	0.007
2006-2010	p-value	0.828	0.002	0.008	0.341	0.544	0.829	0.698
	β	0.001	0.015	0.011	0.000	-0.002	-0.002	-0.003
2011-2015	p-value	0.002	0.660	0.729	0.058	0.980	0.809	0.036
	β	-0.014	-0.002	-0.002	0.000	0.000	0.002	0.016
2016-2020	p-value	0.001	0.127	0.866	0.079	0.327	0.491	0.377
	β	-0.014	0.007	0.001	0.000	0.004	-0.006	0.007

Em síntese, paisagens com uma maior quantidade de vegetação natural tenderam a ter uma maior extensão de área total queimada, no entanto, em menor proporção. Desta forma, onde há mais vegetação natural remanescente, uma porção menor da vegetação foi queimada em cada intervalo analisado. Por outro lado, quanto maior a quantidade de pastagem e de áreas de bordas nas paisagens, maior foi a probabilidade de ocorrência de fogo e a extensão das áreas queimadas. Ainda, paisagens que abrigaram uma maior quantidade de rodovias também tiveram uma maior probabilidade de ocorrência de fogo, no entanto, a extensão da área queimada foi maior (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo dos resultados das análises, com as setas “↗↘→” indicando a direção da linha do gráfico que relaciona a característica da paisagem com a dinâmica do fogo, e o símbolo Ø indicando as relações não significativas.

	Vegetação Natural	Pastagem	Bordas	Rodovias	UCs de Uso Sustentável	UCs de Proteção Integral	Territórios Indígenas
Ocorrência de fogo							
1986-1990	↗→	↗	↗			Ø	Ø
1991-1995	↗↘	↗	↗		Ø	Ø	Ø
1996-2000	↗	↗	Ø		Ø	Ø	Ø
2001-2005	↗→	↗	↗↘	↗	Ø	Ø	Ø
2006-2010	↗↘	↗	↗→	↗	Ø	Ø	Ø
2011-2015	↗↘	↗	↗↘	↗↘	↘	Ø	Ø
2016-2020	↗↘	↗	↗↘	↗↘	↘	Ø	Ø
Extensão das áreas queimadas							
1986-1990	↗	↗	↗			Ø	Ø
1991-1995	↗	↗	↗		Ø	Ø	Ø
1996-2000	↗	↗	↗		Ø	Ø	Ø
2001-2005	↗	↗	↗	Ø	Ø	↘	Ø
2006-2010	↗	↗	↗	Ø	Ø	Ø	Ø
2011-2015	↗	Ø	↗	Ø	Ø	Ø	↗
2016-2020	↗	Ø	↗	Ø	Ø	Ø	Ø
Proporção das áreas queimadas							
1986-1990	↘	↗	Ø			Ø	↗
1991-1995	↘	↗	↗		Ø	Ø	Ø
1996-2000	↘	↗	Ø		Ø	↘	Ø
2001-2005	↘	↗	↗	Ø	Ø	↘	Ø
2006-2010	Ø	↗	↗	Ø	Ø	Ø	Ø
2011-2015	↘	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	↗
2016-2020	↘	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø

4. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 A Mata Atlântica Costeira da Bahia Está Queimando Menos

Ao longo dos 35 anos analisados, de 1986 a 2020, ocorreu uma redução na ocorrência e frequência média de fogo na região, o que pode ser um indicativo de melhoria na gestão de fogo, porém esse padrão precisa ser examinado com maior detalhamento, já que em alguns casos a menor quantidade de fogo pode ser resultado apenas de uma menor quantidade de vegetação disponível para queimar. Todavia, é clara a diminuição da quantidade de focos de fogo em alguns territórios de identidade do sul da Bahia (Fig. 7), que é a região onde a maioria dos focos se concentram, enquanto que a diminuição da cobertura da vegetação não acompanha na mesma proporção (Fig. 14). Já que, segundo Souza, et al. (2020), de 1985 a 2017 a Mata Atlântica apresentou uma taxa de aumento de 0,05% por ano de cobertura florestal.

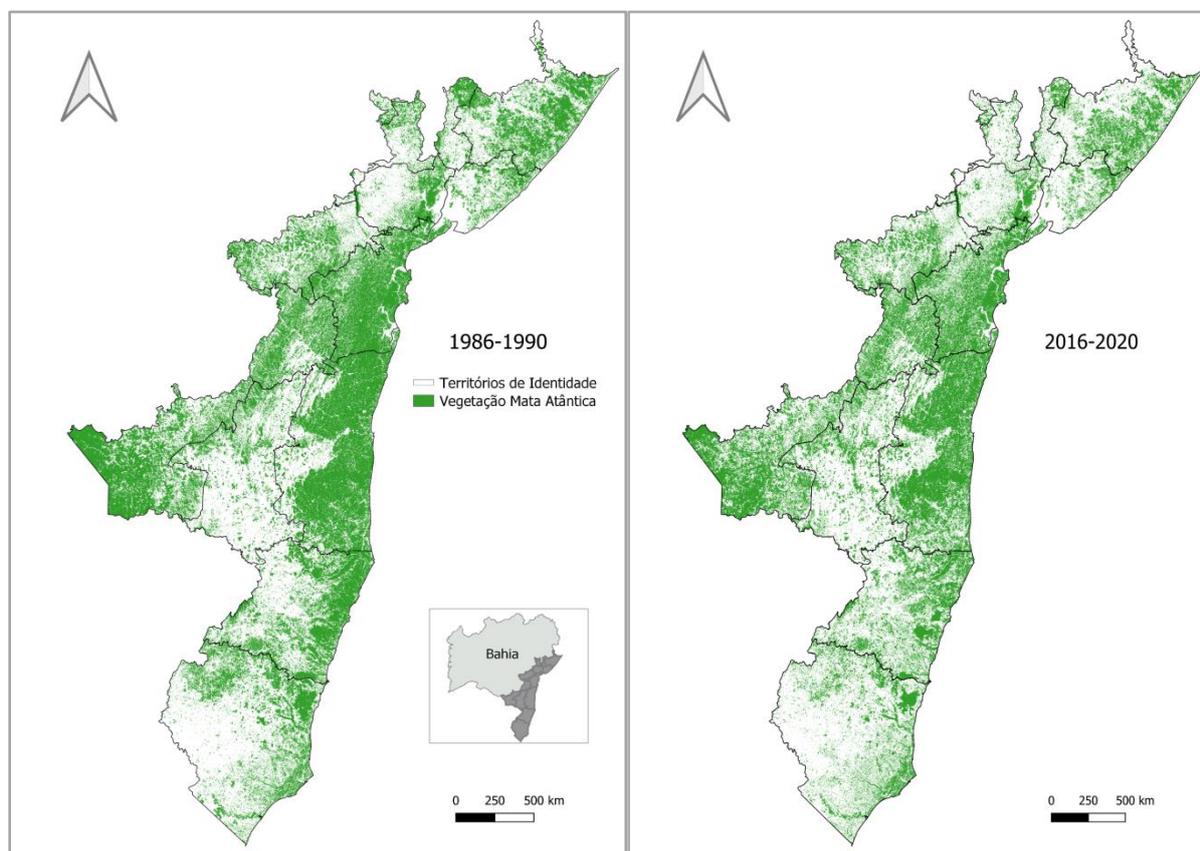


Figura 14. Remanescentes de vegetação de Mata Atlântica costeira da Bahia, nos períodos: à esquerda, 1986 a 1990; à direita, 2016 a 2020.

A região do Sudoeste Baiano foi o território que se destacou em ocorrência de focos de fogo ao longo de todo o período. A região faz parte da área de abrangência do Semiárido, caracterizada, além da vegetação de floresta estacional decidual de Mata Atlântica presente

na porção sul-sudeste, também por áreas de transição entre Cerrado e Caatinga no oeste do território. É uma região intensamente degradada, principalmente devido à substituição da vegetação natural pelas pastagens, que são maior parte do território (SEI, 2015).

Devido à grande fragmentação e a taxas cada vez mais crescentes de queimadas, principalmente no sul da Bahia, uma série de ações foram tomadas pelos órgãos públicos responsáveis pela gestão ambiental (ex. MMA, 2015). Pode-se atribuir o padrão de redução da quantidade de focos de fogo no período de 2006-2010 ao sucesso dessas diferentes ações implementadas. No entanto, é importante enfatizar que ainda é necessária a implementação de mais ações em prol do manejo do fogo nas áreas de Mata Atlântica, já que, como detectado nesse estudo, 97% das paisagens tiveram focos de fogo ao menos uma vez durante o período estudado. A ocorrência de fogo nesse bioma está muito acima do que poderia ser considerado como ideal, tendo em vista que o fogo na Mata Atlântica não é um fenômeno natural e causa grandes impactos na biodiversidade, uma vez que, as espécies não estão adaptadas a essas condições.

A partir de 2002, o Ministério do Meio Ambiente com apoio dos governos estaduais e secretarias do meio ambiente da Bahia e do Espírito Santo iniciou o projeto Corredores Ecológicos com o objetivo de diminuir a fragmentação da Mata Atlântica e aumentar a conectividade das paisagens por meio da interligação entre áreas protegidas e outros espaços com diferentes usos (MMA, 2015). Esse projeto apoiou a realização de estudos para a criação de novas Unidades de Conservação, fortaleceu a infraestrutura e gestão de outras unidades já existentes nas áreas de interesse e auxiliou na promoção de melhorias no setor de fiscalização, prevenção e combate a incêndios. Fruto de outro desdobramento desse projeto, em 2005 foi criado o Numa (Núcleo Mata Atlântica) pelo Ministério Público da Bahia com a meta de “ampliar a fronteira institucional de atuação para não somente intervir na tutela jurídica, mas também de forma crítica, educativa, preventiva e sócio participativa junto aos órgãos e entidades ambientais”. Essa ação teve como principal foco a conservação dos remanescentes de Mata Atlântica do estado. E por fim, mais uma ação apoiada pelo projeto Corredores Ecológicos na época foi a implementação de bases ambientais do NUMA nas áreas mais afetadas por fogo e por outras pressões ambientais. Entretanto, a grande maioria dessas atualmente não se encontram mais em operação.

Ainda, durante o mesmo período foi publicado o Decreto nº 8.394 de 13 de dezembro de 2002 (BRASIL, 2002) aprovando o Plano de Ações Interagências para Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais do Estado da Bahia, operacionalizando a atuação dos diversos setores envolvidos para o manejo do fogo para o estado. A Lei da Mata Atlântica,

Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006, (BRASIL, 2006, art. 2) e o Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008 (BRASIL, 2008) também são instrumentos essenciais de proteção da Mata Atlântica e podem ter influenciado as relações significativas neste estudo, em relação a redução do fogo na Mata Atlântica. Tanto a Lei de nº 11.428 e o Decreto nº 6.660 regulamentam a utilização e proteção da vegetação natural da Mata Atlântica e tem servido para embasar a sociedade em relação a cobranças referentes aos licenciamentos ambientais.

4.2 Alta Densidade de Rodovias na Paisagem Aumenta a Ocorrência de Fogo

A Mata Atlântica é um bioma com um histórico de intensa ocupação humana (Grelle et al., 2021). Dessa maneira, grandes capitais se desenvolveram na região, que hoje apresenta grande densidade demográfica. A presença de rodovias é um dos fatores derivados do processo de urbanização, e um meio facilitador de acesso a ambientes de vegetação natural. Por exemplo, atraindo a presença humana para áreas mais afastadas dos centros urbanos, o que pode favorecer intervenções na vegetação e provocar aumento nas taxas de desmatamento (Molin, et al., 2017; Rezende et al., 2015; Teixeira et al., 2009).

Nossos resultados indicaram que quanto maior a densidade de rodovias nas paisagens da Mata Atlântica costeira da Bahia, maior a ocorrência de incêndios florestais. Isso corrobora com estudo anterior em outra região da Mata Atlântica, no Vale do Paraíba em São Paulo, no qual a presença de rodovias e o maior acesso humano à vegetação natural mais afastada também foram relacionados com o aumento na ocorrência de incêndios florestais (Guedes et al., 2020).

Essa é uma relação que não é somente observada para o bioma em questão, já que estudos em outras localidades reafirmam que a proximidade a rodovias é um fator importante para a ocorrência de incêndios florestais (Argibay et al., 2020; Jaiswall et al., 2002). Mesmo que sejam um fator que facilite a chegada de bombeiros e brigadistas para extinguir o fogo, por outro lado, as rodovias facilitam o acesso de pessoas que podem intencionalmente ou indiretamente iniciar a ignição do fogo na vegetação (Jaiswall et al., 2002). Ou ainda que não se inicie o fogo, a presença de rodovias pode contribuir para a retirada de madeira ou a disposição e acúmulo de outros materiais combustíveis às margens das vias (White et al., 2016) e pode favorecer indiretamente a ocorrência de incêndios.

Assim, sugerimos que os órgãos e entidades governamentais responsáveis pelo manejo e gestão do fogo em áreas de Mata Atlântica priorizem regiões ou paisagens com maior densidade de rodovias. Como também, nos casos de criação de novas rodovias,

enfatizamos a importância do estudo da influência dessas na dinâmica de incêndios florestais na região. Como a vegetação da Mata Atlântica não é adaptada à presença do fogo (Cochrane, 2003), os incêndios nessa região podem provocar intensas e duradouras modificações na estrutura da vegetação (Menezes et al., 2019).

4.3 Maior Cobertura de Vegetação e Maior Densidade de Bordas na Paisagem Aumentam a Ocorrência e a Extensão das Áreas Queimadas

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros mais fragmentados. Sendo que, hoje possui apenas aproximadamente 28% de sua vegetação original (Rezende et al., 2018) e mais de 80% dessa vegetação é formada por fragmentos menores que 50 hectares (Ribeiro et al., 2009). Um dos impactos causados pela fragmentação é o aumento das áreas de borda, onde a vegetação localizada no limite entre a área que sofreu intervenção e a vegetação localizada na parte central do fragmento passa por transformações do meio biótico e abiótico (Rodrigues & Nascimento, 2006). Na região estudada, as maiores ocorrências de focos de fogo, extensão e proporção das áreas queimadas foram relacionadas a paisagens com maiores densidade de bordas. Este resultado está de acordo com Armenteras et al., (2013) e Singh & Huang (2022) que demonstraram essa maior susceptibilidade ao fogo em ambientes mais fragmentados.

As modificações no meio físico ou abiótico gerados pelo efeito de borda podem incluir condições relacionadas com maior exposição ao sol e conseqüentemente aumento de temperatura, mudança na velocidade e umidade do vento e queda na umidade da vegetação próximo às bordas (Ries et al., 2004; Berenguer et al., 2014). Áreas de vegetação mais secas apresentam maior quantidade de material combustível disponível, característica que gera condições mais inflamáveis e aumenta a vulnerabilidade da floresta ao fogo (Berenguer et al., 2014). Além disso, alguns tipos de atividades humanas, como a agricultura e a pastagem, próximas as bordas podem propagar queimadas (Rodrigues & Nascimento, 2006).

Neste estudo, paisagens com porcentagem intermediária de vegetação ($\approx 60\%$), tenderam a ter maior ocorrência e extensão das áreas queimadas, provavelmente devido à maior disponibilidade de vegetação disponível para queimar. No entanto, a proporção de vegetação queimada foi maior em paisagens mais desmatadas, evidenciando o impacto do desmatamento nessas paisagens. Outros estudos realizados na Mata Atlântica (ex: Guedes et al., 2020; de Assis Barros et al., 2021) identificaram que quanto menor a quantidade de vegetação na paisagem mais vegetação foi queimada, uma vez que, paisagens com menor quantidade de vegetação são mais vulneráveis ao fogo (Guedes et al., 2020; de Assis Barros et al., 2021). Sendo que, em fragmentos de vegetação maiores, a vegetação do interior tende a

estar mais protegida dos efeitos de borda (Laurance & Yensen, 1991), menos exposta à intervenção humana e mais propensa a regeneração natural (dos Santos et al., 2019).

Apesar do histórico de desmatamento e fragmentação da vegetação da Mata Atlântica, tem-se observado um padrão de redução das taxas de perda de vegetação nativa na Mata Atlântica (Souza et al., 2020). E para acrescentar a esse padrão, no presente estudo verificamos uma redução nas taxas de ocorrência e frequência de fogo no bioma. Em estudo realizado com os dados do projeto MapBiomias, Souza et al. (2020) detectaram um aumento de 0,05% (± 0.63 D.P.) por ano de cobertura florestal para a Mata Atlântica. De acordo com dos Santos et al. (2019) a região da Mata Atlântica do Rio de Janeiro vem apresentando altos níveis de regeneração da vegetação, com valores 5x maiores do que os valores de desmatamento. Essa regeneração natural está acontecendo principalmente próximo a locais com outros fragmentos de vegetação, distantes de rodovias e centros urbanos. Ainda neste estudo, os autores enfatizam que o fogo é um fenômeno modelador da paisagem na região, pois os incêndios florestais se concentram em áreas que são mais expostas ao sol e possuem maior declividade por serem menos úmidas, locais onde a regeneração natural ocorre com menos frequência.

4.4 Maior Quantidade de Pastagem nas Paisagens Aumenta Ocorrência, Extensão e Proporção das Áreas Queimadas

No Brasil, o fogo é frequentemente utilizado para remover a vegetação natural e no manejo agrícola (Pivello et al., 2011). De acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) (BRASIL, 2012) é permitido o emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais mediante queima controlada, com autorização do órgão estadual ambiental, que no caso da Bahia é o INEMA (Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) com o apoio da SEMA (Secretaria Estadual de Meio Ambiente).

Entretanto, a maior parte dos incêndios florestais são criminosos, principalmente quando atrelados com supressão de vegetação nativa não autorizada (Pivello et al., 2021). Assim, considerando somente a queima legal da vegetação, o problema dessas práticas está no fato de que uma vez que ocorra a ignição do fogo na vegetação, não é incomum que esse fogo fuja do controle e provoque incêndios acidentais. Dependendo das características da paisagem e das condições da vegetação, esses incêndios podem se alastrar com mais velocidade e por maiores extensões (White et al., 2017). Nossas análises indicaram que durante maior parte do período analisado a quantidade de pastagem nas paisagens foi um importante preditor para a ocorrência de fogo, extensão e proporção das áreas queimadas.

Durante os últimos 10 anos encontramos uma relação menos clara da pastagem somente com relação à extensão e proporção de áreas queimadas, a influência sobre a ocorrência de fogo se manteve durante todos os períodos estudados.

A pastagem é a atividade que mais influencia na ocorrência de fogo na vegetação da Mata Atlântica, aparecendo como um dos principais fatores para queimadas em diversos estudos na região (de Assis Barros et al., 2021; Guedes et al., 2020; dos Santos et al., 2019; Araújo et al., 2012). Queimadas mais severas e frequentes que são características do manejo agropecuário, deterioram o solo, uma vez que, causam perda de nutrientes do solo, matéria orgânica, a composição microbial, morte da fauna associada e deixam o solo mais compactado e propenso a erosão, pois reduzem sua habilidade de absorver água (Certini, 2005).

A Bahia é o estado com mais cabeças de gado do Nordeste e está em sétimo no país (IBGE, 2021). As áreas de pastagem estão presentes em todos os territórios de identidade observados, incluindo o Recôncavo, Portal do Sertão, Médio Sudoeste da Bahia, Sudoeste da Bahia e região oeste mais interiorana da Costa do Descobrimento e Extremo Sul. Só estes dois últimos territórios concentram cerca de 15% da pecuária do estado (IBGE, 2021), ainda a partir dos dados deste estudo é possível identificar uma alta frequência de queima nessa região e uma baixa quantidade de vegetação natural (Fig. 6; Fig. 14).

4.5 RPPNs Diminuíram a Ocorrência do Fogo a Partir dos Últimos 10 Anos

Neste estudo, para a maioria dos períodos analisados, não foram obtidos resultados estatisticamente significativos para a relação da presença de áreas protegidas (incluídas as UCs de proteção integral, as UCs de uso sustentável e os territórios indígenas) e a dinâmica do fogo na Mata Atlântica costeira da Bahia. Entretanto, esse resultado não diz respeito à efetividade dessas áreas protegidas, já que o foco aqui foi examinar o efeito dessas sobre a paisagem em escala maior.

A instituição de áreas protegidas é uma estratégia que visa garantir a conservação e tem como característica importante o estabelecimento dos limites e das dinâmicas de uso e ocupação que podem ser considerados ferramentas para o controle dos territórios (Medeiros, 2004). A Lei 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000) foi o marco na legislação ambiental brasileira que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) que definiu as áreas protegidas da maneira que são organizadas atualmente, e o Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002 (BRASIL, 2002) regulamentou. As Unidades de Conservação

(UCs) são classificadas em dois grupos: de Proteção Integral, responsáveis por manter os ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais; e de Uso Sustentável, onde é admitida a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.

Entretanto, apesar de ter sido um marco importante como política pública em prol da conservação, existem críticas à sua implementação e efetividade (Nolte et al., 2013; Vieira, et al., 2019; Gonçalves-Souza et al., 2021). De acordo com estudo realizado em 2012, de 30 UCs localizadas no corredor de Mata Atlântica da Bahia, apenas uma foi considerada como efetivamente implementada. Dentre os principais problemas apontados estão a regularização fundiária dessas áreas, deficiência em infraestrutura e falta de recursos humanos e financeiros (Schiavetti et al., 2012).

Apesar das iniciativas do projeto Corredores Ecológicos visarem a conectividade dos fragmentos de vegetação através das Unidades de Conservação, de acordo com dados atuais do Ministério de Meio Ambiente (2019) apenas 16,8% das UCs da região da Mata Atlântica da Bahia possuem Conselho Gestor, e apenas 9% possuem Plano de Manejo. Além disso, o combate de incêndios florestais nas UCs do Brasil é considerado como de baixa eficiência, tendo a Bahia médias de tempo de combate ao fogo maior do que as médias gerais do país (Lima et al., 2008). Ainda, de Assis Barros et al. (2021) encontraram uma alta incidência de fogo dentro de UCs na Mata Atlântica do Rio de Janeiro, e aponta que os dados de incidência de fogo dentro de áreas protegidas podem testemunhar contra a efetividade de algumas dessas áreas.

Somente entre os anos de 2010 a 2020 foi possível observar uma relação estatisticamente significativa entre a ocorrência de focos de fogo e as UCs de Uso Sustentável da região, esse resultado evidencia a influência positiva dessas UCs em relação a proteção da vegetação quanto à presença de fogo. Durante esse período de 10 anos foram criadas **54 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN)** na região, totalizando 45,15 km² de RPPN durante o período de 2010-2015 somados a aproximadamente 18,64 km² criados entre 2015-2018. (MMA, 2019). A criação dessas reservas foi em grande parte desdobramento do projeto Corredores Ecológicos do Ministério do Meio Ambiente em parceria com o governo estadual da Bahia. Segundo o SNUC, as RPPNs são áreas particulares com o objetivo de conservar a diversidade biológica da área. Apesar de serem classificadas como UCs de Uso Sustentável, que são aquelas áreas que em teoria possuem uso dos recursos naturais menos restritivos, as

RPPNs possuem características de uso mais próximas à UCs de Proteção Integral, pois segundo a Lei 9.985/2000 (BRASIL,2000) só são permitidas atividades de baixa interferência humana, que são: a pesquisa científica e a visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais. A relação de redução de fogo encontrada pelo estudo pode indicar que esse tipo de UC de Uso Sustentável com características mais restritivas tem representado um papel positivo na prevenção e manejo do fogo para a região.

Embora os evidentes problemas de infraestrutura e gestão das UCs apontados, acreditamos que a explicação mais plausível para os resultados com pouquíssimas relações significativas entre a presença das áreas protegidas e a dinâmica de fogo na paisagem, seria a escala de tamanho de paisagem utilizada pela nossa pesquisa, de 100 km². Já que cerca de 80% das 112 UCs de Uso Sustentável possuem menos de 15 km², a região costeira de Mata Atlântica da Bahia possui apenas 21 UCs de Proteção Integral, e dessas, 37,5% possuem tamanho menor que 25km². Além disso, seis dos 12 Territórios Indígenas regularizados segundo a FUNAI (2020) são menores do que 20 km². As áreas protegidas foram apenas uma das características da paisagem analisadas pelo estudo, e aparentemente na escala escolhida, e também considerando a pouca quantidade dessas áreas protegidas na região essas não apresentaram relação com fogo. Importante ressaltar que o estudo não analisou a efetividade dessas áreas protegidas, e sim a relação dessas na escala de paisagem. Para estudos posteriores que incluam a influência das áreas protegidas sobre dinâmicas da paisagem, indicamos uma análise prévia de tamanho das áreas protegidas localizadas na área de estudo para a escolha do tamanho das unidades das células da paisagem, ou uma comparação das queimadas dentro das áreas protegidas e em áreas de vegetação nativa próximas a elas.

Além dos períodos citados acima, houveram algumas outras relações estatisticamente significativas em alguns períodos analisados: o período 1996 a 2000 referente à relação com a proporção de área queimada, e ainda o período de 2001 a 2005 tanto em relação a proporção quanto a extensão da área queimada. No entanto, acreditamos que essas tenham sido relações espúrias, detectadas pelo acaso nas análises.

Os territórios indígenas considerados nesse estudo foram somente os disponibilizados pela Funai (2020) como territórios regularizados, os outros em processo de delimitação e ainda não regularizados não foram contabilizados no estudo. Existem também casos em que o território já foi reconhecido como regularizado, porém não foi demarcado e sofre forte pressão de fazendeiros, como é o Território Tupinambá de Olivença localizado entre Ilhéus e Una*. Para além, os territórios Indígenas do Extremo Sul da Bahia vivem em constante conflito com fazendeiros e com as empresas detentoras do monopólio do setor de papel e celulose da Bahia (Malina, 2013).

A efetividade dos territórios indígenas, assim como a das UCs não foi analisada neste estudo, e sim a relação dessas áreas com o fogo na escala da paisagem. Outros estudos indicam a importância da presença de territórios indígenas para a conservação da vegetação de diferentes biomas, inclusive apontando-os como a

categoria de área de proteção mais efetiva, sendo os territórios menos propensos a sofrerem desmatamento e conversão da vegetação nativa para outras atividades maléficas para o ambiente (Gonçalves-Souza et al., 2021). Outro estudo ainda, analisando a incidência de queimadas e desmatamentos no interior e no entorno de UCs desabitadas/habitadas e de Terras Indígenas, concluíram que a simples existência de áreas protegidas coíbe ou reduz a ocorrência de desmatamentos e queimadas na região amazônica (Nepstad et al., 2006). Bruner et al (2011) avaliando 93 áreas protegidas em âmbito global, em 22 países tropicais, o interior dessas áreas estava em condições significativamente melhores que seus arredores com relação à diversos impactos antrópicos, nesses inclusos queimadas, desmatamento e pastagem. Logo, a divergência nos resultados deste estudo se deve à escala analisada.

* **Conflito Território Tupinambá de Olivença**

Esse território indígena foi reconhecido e delimitado pela Funai em 2009, mas até hoje não foi demarcado, e se encontra em uma zona de conflito com fazendeiros produtores de cacau.

Veja mais em: <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2022/01/03/falta-de-demarcacao-de-territorio-indigena-na-bahia-provoca-tensao-entre-agricultores-e-lideres-indigenas.ghtml>>.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como enfoque demonstrar a influência das características da paisagem na dinâmica espaço-temporal do fogo na vegetação da Mata Atlântica costeira da Bahia. Os resultados obtidos podem contribuir com o processo de priorização de áreas para atividades de prevenção e manejo de incêndios florestais e redução de impactos. Assim como, os resultados apresentados neste estudo podem embasar novas exigências dos órgãos públicos responsáveis pelo processo de licenciamento ambiental para a região, uma vez que, foram identificados potenciais padrões nas paisagens em relação a ocorrência de incêndios e também foi possível identificar quais regiões podem ser mais impactadas e devem ser priorizadas no futuro.

O estudo das relações entre a dinâmica do fogo e as características das paisagens é fundamental para uma melhor compreensão dos processos ecológicos e dos impactos humanos incidentes sobre esses espaços. É importante ressaltar que o problema dos incêndios florestais provavelmente ficará mais severo sob os efeitos das mudanças climáticas e aumento da influência antropogênica (Pivello et al., 2021). Assim, mapear as áreas queimadas e entender as relações do fogo com o ambiente é importante para o planejamento do combate e delimitação de áreas de maior risco e possível maior vulnerabilidade no futuro.

Ao longo dos 35 anos analisados (1986 a 2020), 97% das paisagens tiveram ao menos um foco de incêndio em algum período. Entretanto é possível observar um padrão temporal de diminuição na ocorrência e frequência média de fogo na região, o que aparenta ser um bom indicativo de melhoria na gestão de fogo e pode estar relacionado com ações do poder público para conservação dos remanescentes desse bioma para o estado da Bahia. Todavia, é necessário que ajam mais iniciativas de conservação e que essas sejam aperfeiçoadas, já que, apesar desse padrão histórico de diminuição, é possível observar um aumento na frequência de queima durante o período mais recente (2016-2020) quando comparado com os 10 anos anteriores a esses, fato que chama atenção e deve ser acompanhado de práticas efetivas de prevenção e fiscalização para que não aja um retrocesso no panorama de incêndios florestais para a região.

As paisagens da Mata Atlântica costeira com áreas de pastagem e com vegetação com maiores a quantidades intermediárias de densidade de borda apresentaram grande relação com o aumento da ocorrência de fogo e extensão das áreas queimadas. Paisagens com cobertura intermediária (nem alta nem baixa densidade) de vegetação natural e maior densidade de rodovias também foram indicativos de maior ocorrência de fogo. Enquanto que, proporcionalmente à quantidade de vegetação na paisagem, áreas com maior cobertura

vegetal tiveram menos queimadas. Finalmente, somente durante os últimos 10 anos (2010 a 2020) foi possível observar que Unidades de Conservação de Uso Sustentável da região garantiram maior proteção contra incêndios florestais (com enfoque nas Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN criadas durante esse período). No entanto, é importante enfatizar que esses resultados foram obtidos para uma porção específica da Mata Atlântica, e devido a heterogeneidade das paisagens brasileiras é importante que novos estudos sejam conduzidos e em escalas maiores a fim de confirmar os padrões identificados.

Desta forma, ações voltadas a conservação e restauração dos remanescentes florestais da Mata Atlântica devem ser implementadas na região, com enfoque na instrumentalização e melhoria das Unidades de Conservação já existentes e na criação de novas, com destaque para as RPPNs. Essas ações devem ser seguidas de melhorias nos setores de fiscalização, prevenção e combate a incêndios. Ainda, sugere-se que os órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento ambiental incluam os possíveis riscos de aumento de incêndios para ampliação ou criação de novas rodovias como também para atividades que incluam supressão vegetal, e que paisagens com pastagem sejam priorizadas para ações de fiscalização e manejo de fogo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anjos, A. G., Alvarado, S. T., & Sol, M. Patch and landscape features drive fire regime in a Brazilian flammable ecosystem. *Journal of Nature Conservation*, 69, 2022.
- Araújo, Fernando Moreira; Ferreira, Laerte Guimarães; Arantes, A. E. Distribution Patterns of Burned Areas in the Brazilian Biomes: An Analysis Based on Satellite Data for the 2002 – 2010 Period. *Remote Sensing*, 4, 1929–1946, 2012.
- Argibay, D. S., Sparacino, J., & Espindola, G. M. A long-term assessment of fire regimes in a Brazilian ecotone between seasonally dry tropical forests and savannah. *Ecological Indicators*, 113, 1–13, 2020.
- Armenteras, D., González, T. M., & Retana, J. Forest fragmentation and edge influence on fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests. *Biological Conservation*, 159, 73–79, 2013.
- Berenguer, E., Ferreira, J., Gardner, T. A., Aragão, L. E. O. C., De Camargo, P. B., Cerri, C. E., Durigan, M., De Oliveira, R. C., Vieira, I. C. G., Barlow, J. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Global Change Biology*, 20, 3713–3726, 2014.
- BRASIL. Decreto n°. 6.660, de 21 de novembro de 2008. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6660.htm> Acesso em: 18/04/2022.
- BRASIL. Decreto n°. 750, de 10 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.desmatamentozero.ig.com.br/nav/decreto750.htm>> Acesso em: 18/04/2022.
- BRASIL. Decreto n°. 8394, de 13 de dezembro de 2002. Aprova o Plano de Ações Interagências para Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais do Estado da Bahia e dá outras providências. Disponível em: <<https://governo-ba.jusbrasil.com.br/legislacao/78076/decreto-8394-02>> Acesso em: 20/09/2022.
- BRASIL. Lei n° 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto n° 4.340, de 22 de agosto de 2002. Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza – SNUC: 3. ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 2003.52p.
- BRASIL. Lei n°. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.bioatlantica.org.br/Lei%2011428_06%20Lei%20da%20Mata%20Atlantica.pdf> Acesso em: 18/04/2022.
- BRASIL. Lei n° 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 20/09/2022.
- Bruner, A. G., Gullison, R. E., Rice, R. E., & Da Fonseca, G. A. B. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science*, 291(5501), 125–128, 2001.
- Caúla, R. H., Oliveira-Júnior, J. F., Lyra, G. B., Delgado, R. C., Heilbron Filho, P. F. L. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. *Environmental Earth Sciences* 74, 1497–1508, 2015.

- Certini, G. Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia*, 143(1), 1–10, 2005.
- Cochrane, M. A. Fire science for rainforests. *Nature*, 421(6926), 913–919, 2003.
- Cochrane, M. A. Synergistic interactions between habitat fragmentation and fire in evergreen tropical forests. *Conservation Biology*, 15(6), 1515–1521, 2001.
- De Assis Barros, L., Mendonça, B. A. F. de, Sothe, C., Fernandes Filho, E. I., & Elkin, C. Fire in the Atlantic Rainforest: an analysis of 20 years of fire foci distribution and their social-ecological drivers. *Geocarto International*, 0(0), 1–25, 2021.
- Diele-Viegas, L.M, Sales, L., Hipólito, J., Amorim, C., de Pereira, E.J., Ferreira, P., Folta, C., Ferrante, L., Fearnside, P., Malhado, A.C.M. and Rocha, C.F.D. We're building it up to burn it down: fire occurrence and fire-related climatic patterns in Brazilian biomes. *PeerJ*, 10, 1-24, 2022.
- Dos Santos, J. F., Gleriani, J. M., Velloso, S. G., de Souza, G., Amaral, C., Torres, F., Medeiros, N., & Reis, M. Wildfires as a major challenge for natural regeneration in Atlantic Forest. *Science of the Total Environment*, 650, 809–821, 2019.
- Driscoll, D. A., Armenteras, D., Bennett, A. F., Brotons, L., Clarke, M. F., Doherty, T. S., Haslem, A., Kelly, L. T., Sato, C. F., Sitters, H., Aquilué, N., Bell, K., Chadid, M., Duane, A., Meza-Elizalde, M. C., Giljohann, K. M., González, T. M., Jambhekar, R., Lazzari, J., Morán-Ordóñez, A., Wevill, T. How fire interacts with habitat loss and fragmentation. *Biological Reviews*, 96 (3), 976-998, 2021.
- Dwyer, Edward, Jean-Marie Grégoire, and José Pereira. "Climate and vegetation as driving factors in global fire activity." In *Biomass burning and its inter-relationships with the climate system*, pp. 171-191. Springer, Dordrecht, 2000.
- Flannigan, M., Cantin, A. S., De Groot, W. J., Wotton, M., Newbery, A., & Gowman, L. M. Global wildland fire season severity in the 21st century. *Forest Ecology and Management*, 294, 54–61, 2013.
- Freitas, S. R., Hawbaker, T. J., & Metzger, J. P. Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 259(3), 410–417, 2010.
- FUNAI- Fundação Nacional do Índio, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: 05/04/2022.
- Fundação SOS Mata Atlântica; INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019/2020, relatório técnico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021. 73p.
- Gonçalves-Souza, D., Vilela, B., Phalan, B., Dobrovolski, R. The role of protected areas in maintaining natural vegetation in Brazil. *Science Advances*, 7, 2932, 2021.
- Grelle, C. E. V., Rajão, H., Marques, M. C. M. The Future of the Brazilian Atlantic Forest. In: Marques, M. C. M., Grelle, C. E. V. (eds) *The Atlantic Forest*. Springer, Cham., 2021.
- Guedes, B. J., Massi, K. G., Evers, C., & Nielsen-pincus, M. Forest Ecology and Management Vulnerability of small forest patches to fire in the Paraíba do Sul River Valley, southeast Brazil: Implications for restoration of the Atlantic Forest biome. *Forest Ecology and Management*, 465, 118095, 2020.

- Hantson, S., Pueyo, S., & Chuvieco, E. Global fire size distribution is driven by human impact and climate. *Global Ecology and Biogeography*, 24(1), 77–86, 2014.
- Herawati, H. & Santoso, H. Tropical forest susceptibility to and risk of fire under changing climate: A review of fire nature, policy and institutions in Indonesia. *Forest Policy and Economics*, 13(4), 227–233, 2011.
- Hesselbarth, M. H. K., Sciaini, M., With, K. A., Wiegand, K., Nowosad, J. landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. *Ecography*, 42, 1648-1657, 2019.
- IBGE. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br>>. Acesso em 11/10/2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 15/03/2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 1992, 92 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1.) Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/>>.
- Jaiswal, R. K., Mukherjee, S., Raju, K. D., & Saxena, R. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, 1-10, 2002.
- Joly, C. A., Metzger, J. P., & Tabarelli, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist*, 204(1), 459–473, 2014.
- Kennard, D. K., Gould, K., Putz, F. E., Fredericksen, T. S., Morales, F. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. *Forest Ecol. Manag.* 162, 197–208, 2002.
- Laurance, W. F. Conserving the hottest of the hotspots. *Biological Conservation*, 142(6), 1137, 2009.
- Laurance, W. F., Yensen, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biological Conservation* 55, 77-92, 1991.
- Leite, E. F., & Rosa, R. Análise Do Uso, Ocupação E Cobertura Da Terra Na Bacia Hidrográfica Do Rio Formiga, Tocantins. *Revista Eletrônica de Geografia*, 4(12), 90–106, 2012.
- Lima, G. S., Torres, F. T. P., Costa, A. G. C., Félix, G. A., & Júnior, M. R. S. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras. *Floresta*, 48(1), 133–142, 2018.
- MALINA, Léa Lameirinhas. A territorialização do monopólio no setor celulístico-papeleiro: a atuação da Veracel Celulose no Extremo Sul da Bahia. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, University of São Paulo, São Paulo, 2013. Acesso em: 11/10/2022.
- Mansuy, N., Miller, C., Parisien, M. A., Pars, S. A., Batllori, A., & Moritz, M. A. Contrasting human influences and macro-environmental factors on fire activity inside and outside protected areas of North America. *Environmental Research Letters*, 14, Article 064007, 2019.
- Medeiros, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, IX (1), 42–64, 2006.

- Menezes, G., Cazetta, E., & Dodonov, P. Vegetation structure across fire edges in a Neotropical rain forest. *Forest Ecology and Management*, 453, 117587, 2019.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2015. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/areas-protegidas/category/50-corredores-ecologicos.html>>. Acesso em: 01/10/2022.
- MMA- Ministério do Meio Ambiente, 2019. Disponível em: <<https://dados.gov.br/dataset/unidadesdeconservacao/resource/9c661f5d-400e-4188-a67f-0a6b09105408>> Acesso em: 12/09/2022.
- MMA, 2019. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 18/04/2022.
- Molin, P. G., Gergel, S. E., Soares-Filho, B. S., & Ferraz, S. F. B. Spatial determinants of Atlantic Forest loss and recovery in Brazil. *Landscape Ecology*, 32(4), 857–870, 2017.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., & Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(7326), 853–858, 2000.
- Nelson, A., & Chomitz, K. M. Effectiveness of strict vs. multiple use protected areas in reducing tropical forest fires: A global analysis using matching methods. *PLoS ONE*, 6(8), 2011.
- Nepstad, D., Schwartzman, S., Bamberger, B., Santilli, M., Ray, D., Schlesinger, P., Lefebvre, P., Alencar, A., Prinz, E., Fiske, G., & Rolla, A. Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. *Conservation Biology*, 20(1), 65–73, 2006.
- Nolte, C., Agrawal, A., Silvius, K. M., & Soares-Filho, B. S. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(13), 2013.
- Pilon, N. A. L., Cava, M. G. B., Hoffmann, W. A., Abreu, R. C. R., Fidelis, A., & Durigan, G. The diversity of post-fire regeneration strategies in the cerrado ground layer. *Journal of Ecology*, 109(1), 154–166, 2021.
- Pinheiro, J. D. B., Saikat D., Deepayan S. and the R Development Core Team (2013). nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-108.
- Pivello, V. R. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: Past and present. *Fire Ecology*, 7(1), 24–39, 2011.
- Pivello, V. R., Vieira, I., Christianini, A. V., Ribeiro, D. B., da Silva Menezes, L., Berlinck, C. N., Melo, F. P. L., Marengo, J. A., Tornquist, C. G., Tomas, W. M., & Overbeck, G. E. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(3), 233–255, 2021.
- Projeto MapBiomias – Coleção [versão 6] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de terra do Brasil, acessado em [06/04/2022] através do link: [https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit&scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkit-lulc.js]
- Projeto MapBiomias – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil - Coleção 7. link <<https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact-Sheet-Colecao7.pdf>>. Acesso em: 14/09/2022.

Projeto MapBiomias – Mapeamento das áreas queimadas no Brasil (Coleção 1), acessado em [15/04/2022] através do link:

[<https://code.earthengine.google.com/?scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkit-fire.js>]

QGIS.org, 2022. QGIS 3.22. Geographic Information System Developers Manual. QGIS Association. Electronic document: https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/developers_guide/index.html.

R Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>.

Rezende, C. L., Scarano, F. R., Assad, E. D., Joly, C. A., Metzger, J. P., Strassburg, B. B. N., Tabarelli, M., Fonseca, G. A., & Mittermeier, R. A. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16(4), 208–214, 2018.

Rezende, C., Uezu, A., Scarano, F., & Araujo, D. (2015). Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. *Biodiversity and Conservation*, 24, 2255–2272.

Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., & Hirota, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6), 1141–1153, 2009.

Ries, L., Fletcher, R. J., Battin, J., & Sisk, T. D. Ecological responses to habitat edges: Mechanisms, models, and variability explained. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35(2004), 491–522, 2004.

Rocha, J. I. da S., Menezes, G. S. C., Cazetta, E., Dodonov, P., & Talora, D. C. Seed rain across fire-created edges in a neotropical rainforest. *Plant Ecology*, 223(3), 247–261, 2022.

Rodrigues, P. J. F. P., & Nascimento, M. T. Fragmentação Florestal: Breves Considerações Teóricas Sobre Efeitos De Borda. *Rodriguésia*, 57(1), 67–74, 2006.

Schiavetti, A., Magro, T. C., & Santos, M. S. Implementação das unidades de conservação do Corredor Central da mata Atlântica no estado da Bahia: Desafios e Limites. *Revista Arvore*, 36(4), 611–623, 2012.

SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Informações Territórios de Identidade. 2018. Disponível em: <https://www.sei.ba.gov.br/images/informacoes/por/territorio/indicadores/pdf/sudoestebaiano.pdf>. Acesso em: 05/09/2022.

SEI. Perfil dos Territórios de Identidade / Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. -- Salvador: SEI, 2015. 3 v. p. (Série territórios de identidade da Bahia, v. 1). Acesso em: 05/09/2022.

Singh, M., & Huang, Z. Analysis of Forest Fire Dynamics, Distribution and Main Drivers in the Atlantic Forest. *Sustainability*, 14 (192), 1-15, 2022.

Souza, C. M., Shimbo, J. Z., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L. G., Souza-Filho, P. W. M., de Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., ... Azevedo, T. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. *Remote Sensing*, 12 (17) 2020.

Teixeira, A. M. G., Soares-Filho, B. S., Freitas, S. R., Metzger, J. P., 2009. Modeling land- scape dynamics in an Atlantic Rainforest region: implications for conservation. *Forest Ecology and Management* 257, 1219–1230.

Turner, M. G. Landscape ecology: What is the state of the science? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36(2005), 319–344, 2005.

Vieira, R. R. S., Pressey, R. L., & Loyola, R. The residual nature of protected areas in Brazil. *Biological Conservation*, 233, 152–161, 2019.

White, B. L. A., de Oliveira, M. V. N., & Ribeiro, G. T. Avaliação e simulação do comportamento do fogo em diferentes fitofisionomias de uma área de Mata Atlântica Do Nordeste Brasileiro. *Floresta*, 47(3), 247–256, 2017.

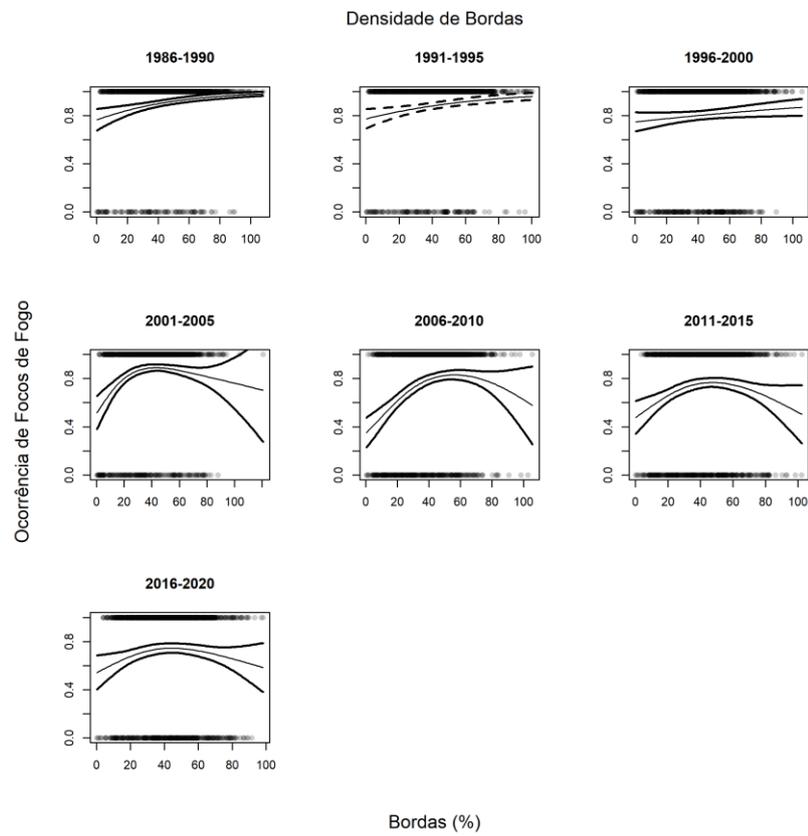
White, L. A. S., White, B. L. A., & Ribeiro, G. T. Modelagem espacial de risco de incêndio florestal para o município de Inhambupe, Bahia, Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36(85), 41, 2016.

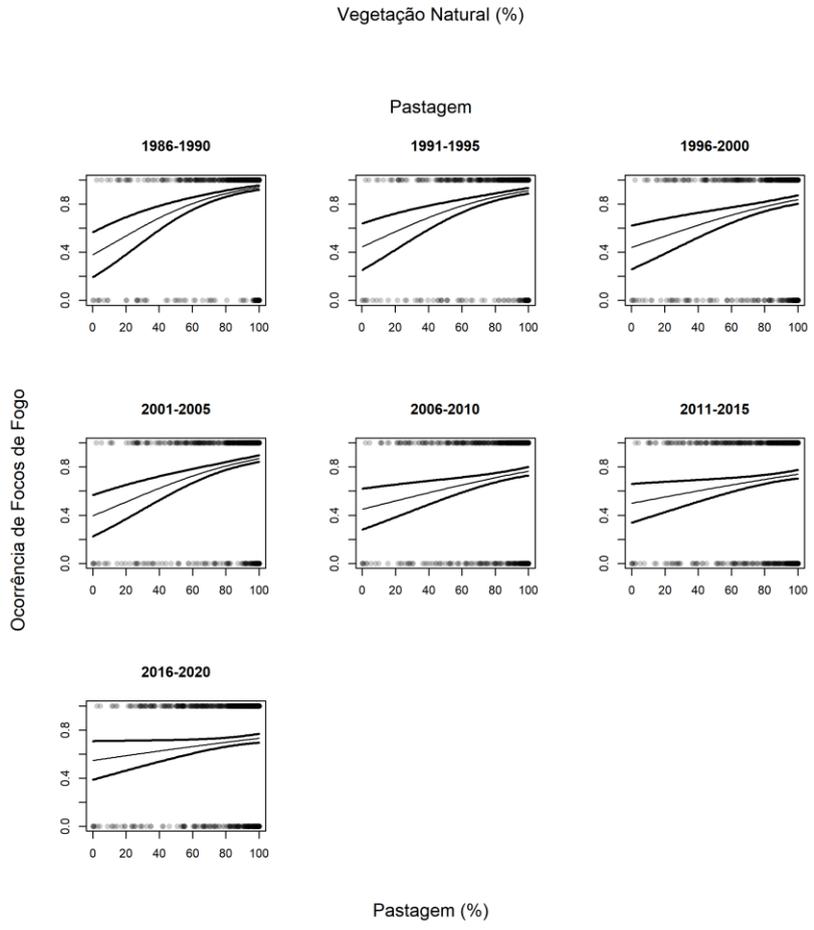
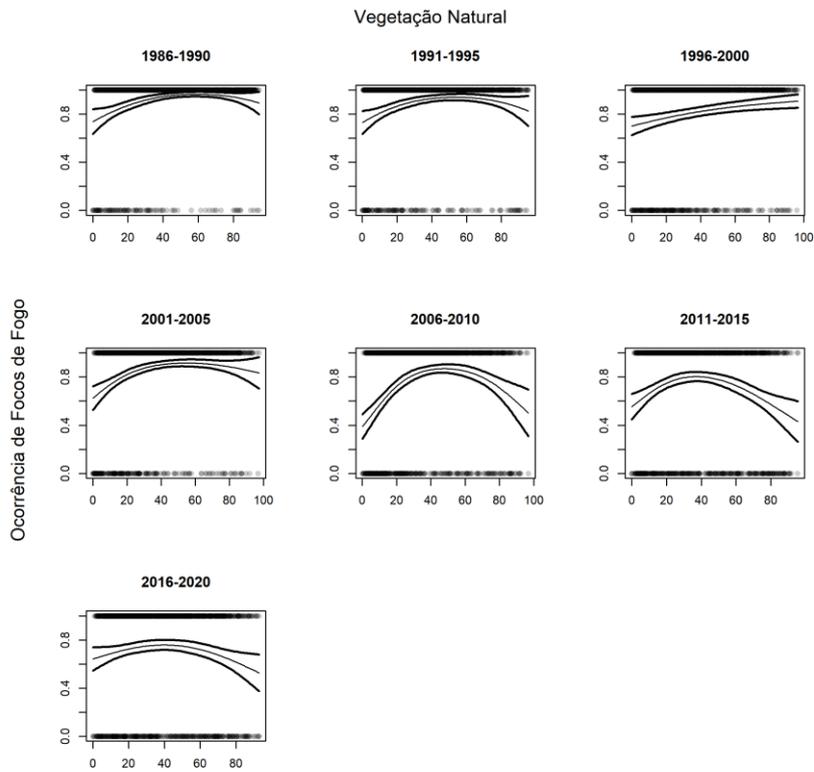
Wood, S. N. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73(1):3-36, 2011.

Zuur, A. F, Ieno E. N, Walker N. J., Saveliev A. A., Smith G. M. *Mixed effects models and extensions in ecology with R. Statistics for Biology and Health*, New York, 2009.

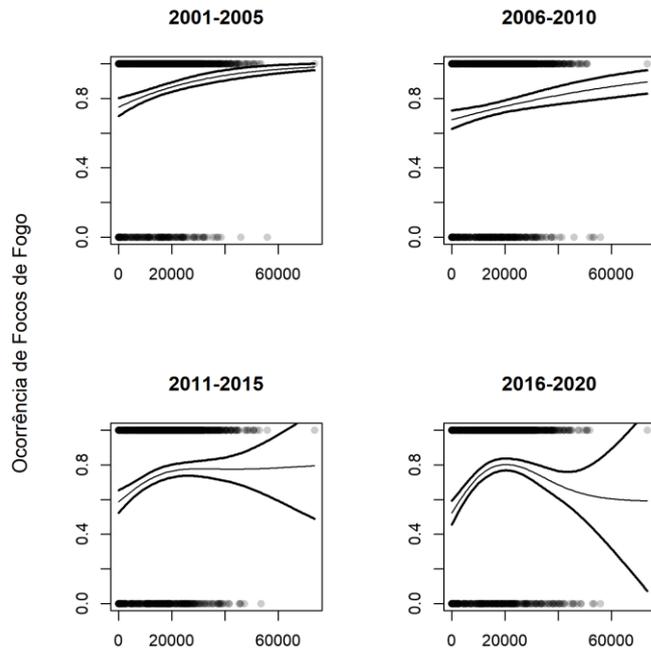
APÊNDICES

APÊNDICE A- Gráficos da relação de ocorrência de fogo e as características das paisagens.



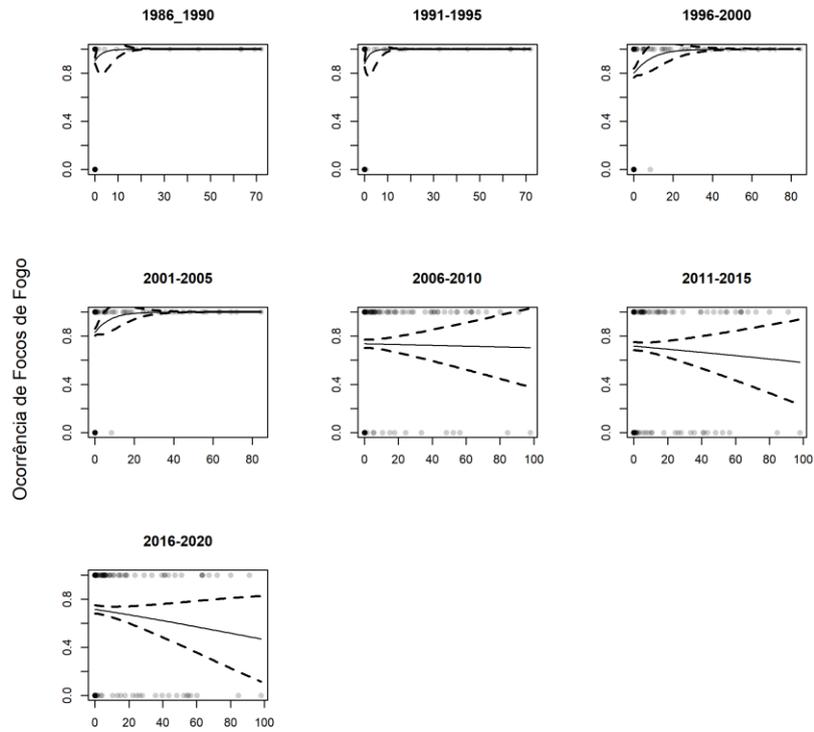


Densidade de Rodovias



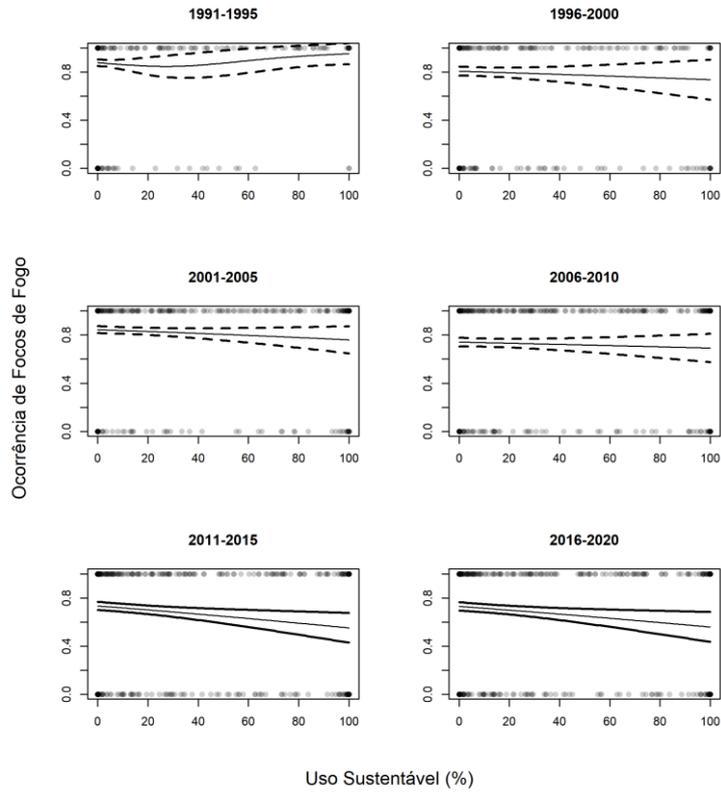
Rodovias (m)

UCs Proteção Integral

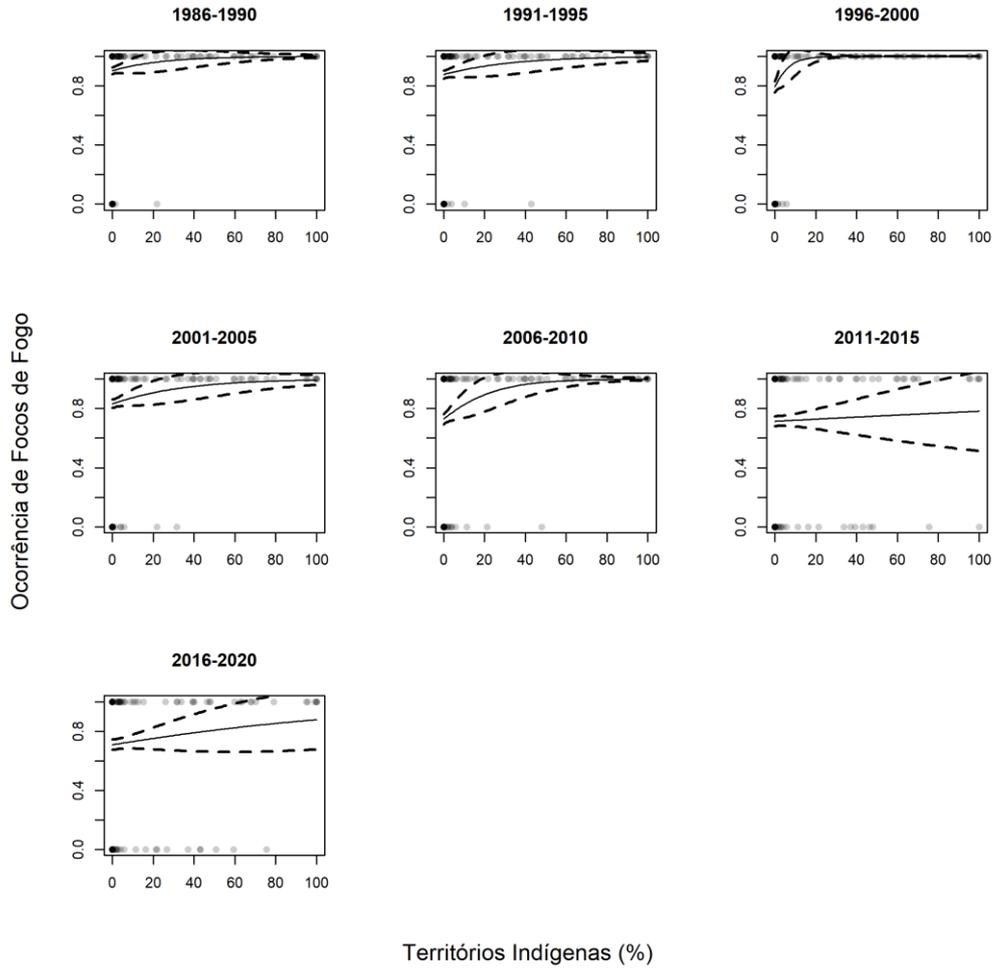


Proteção Integral (%)

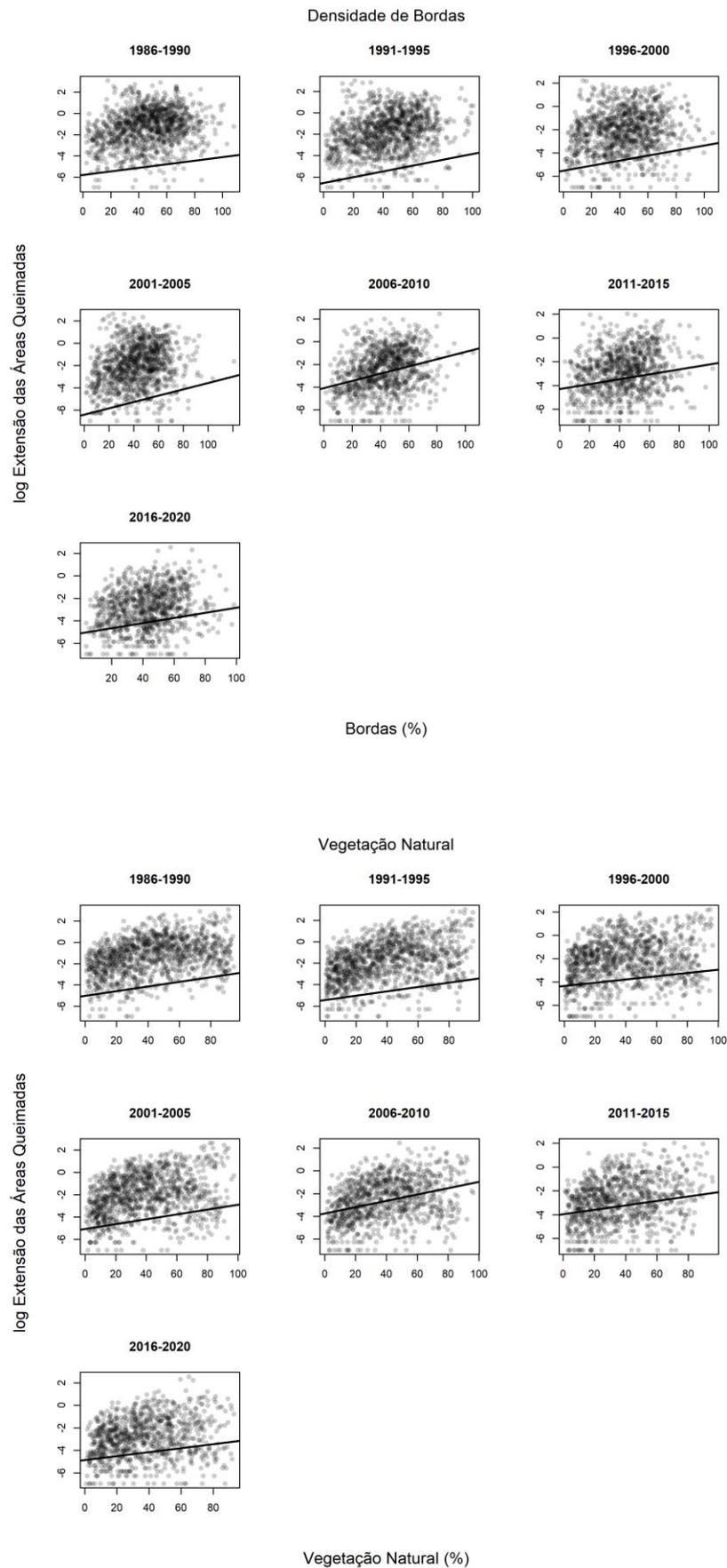
UCs Uso Sustentável

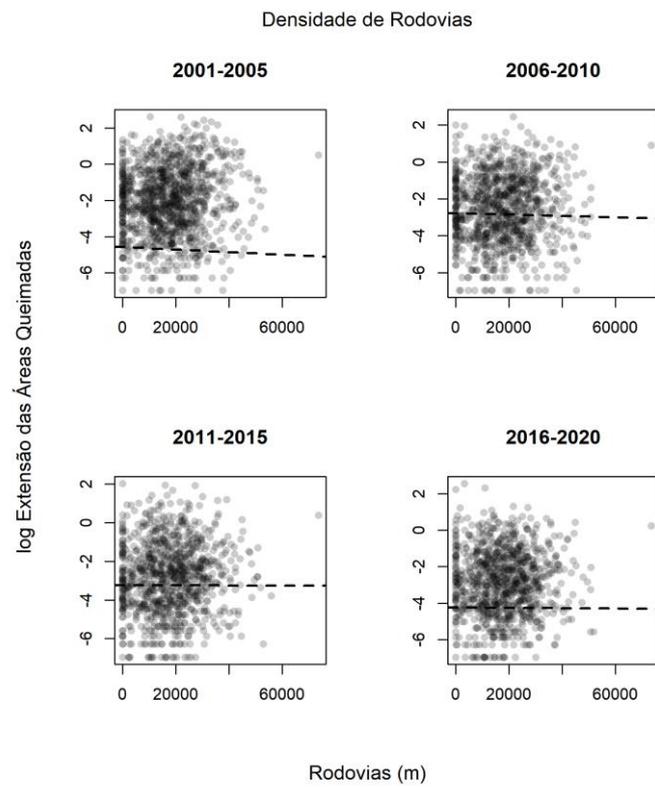
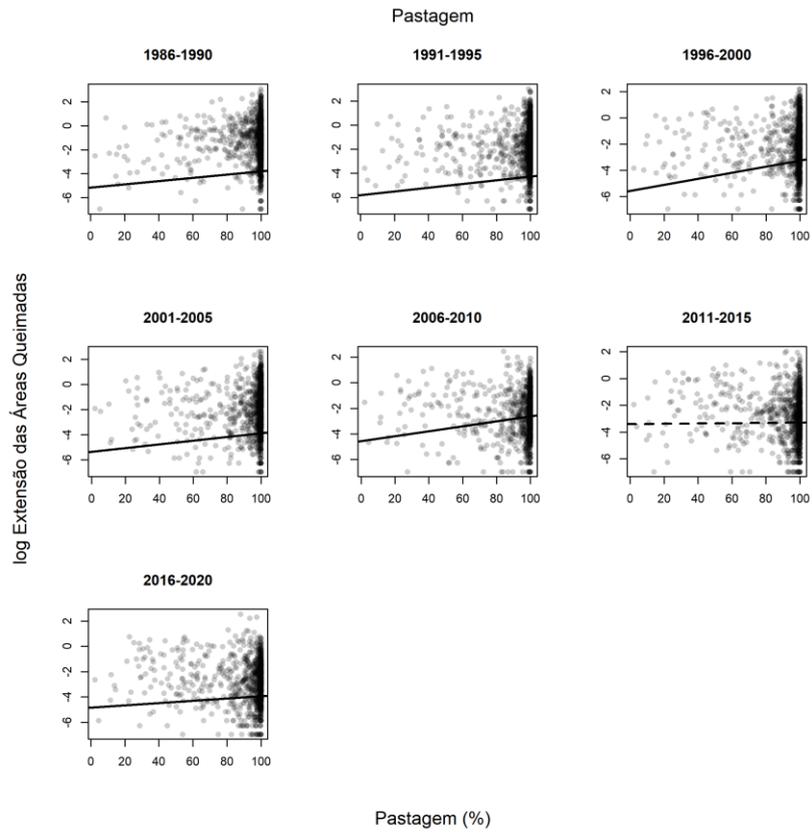


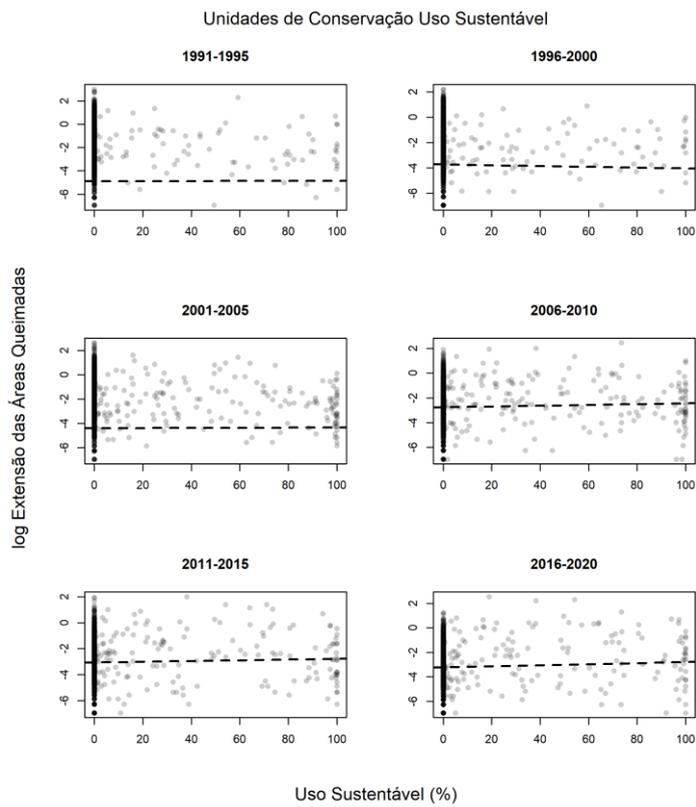
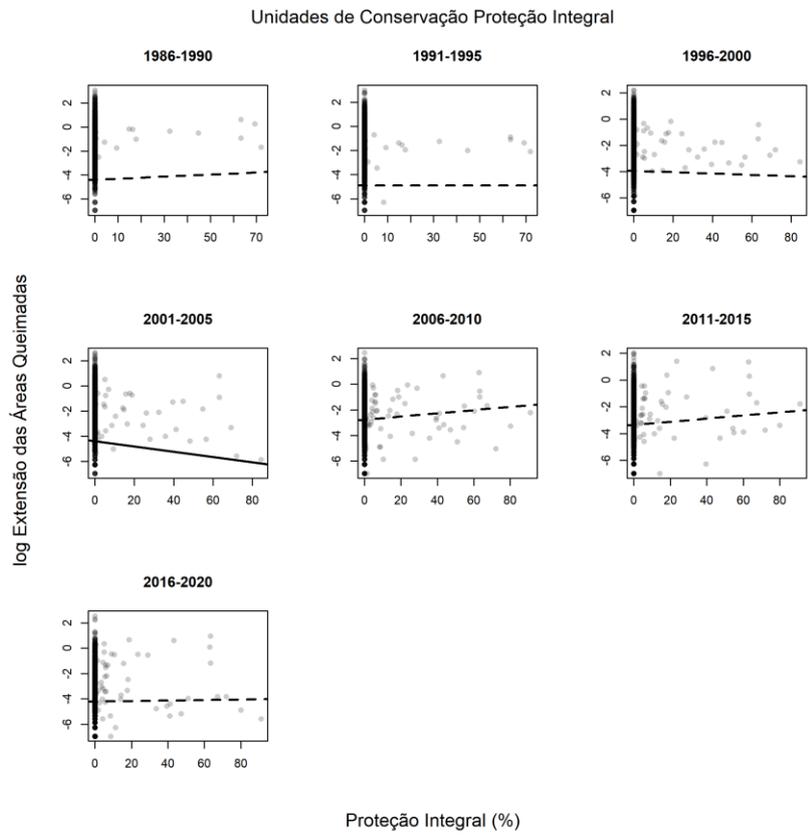
Territórios Indígenas



APÊNDICE B- Gráficos da relação de extensão das áreas queimadas e as características das paisagens.

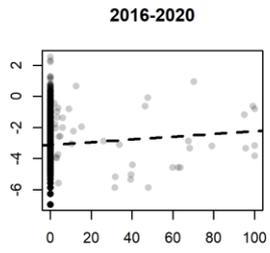
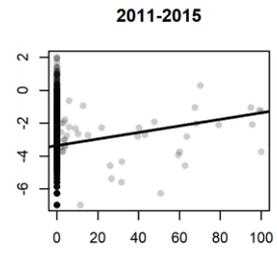
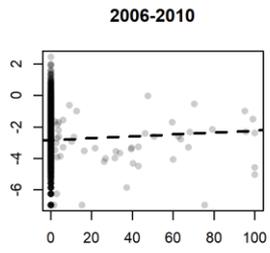
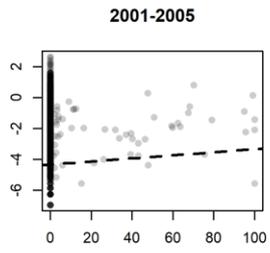
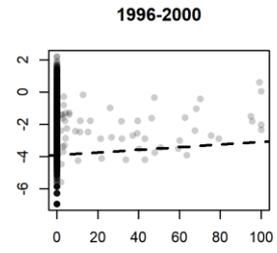
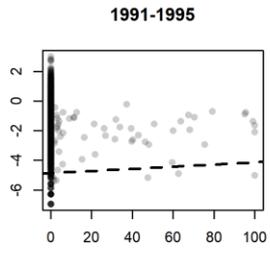
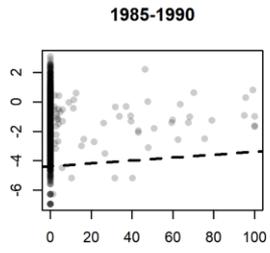






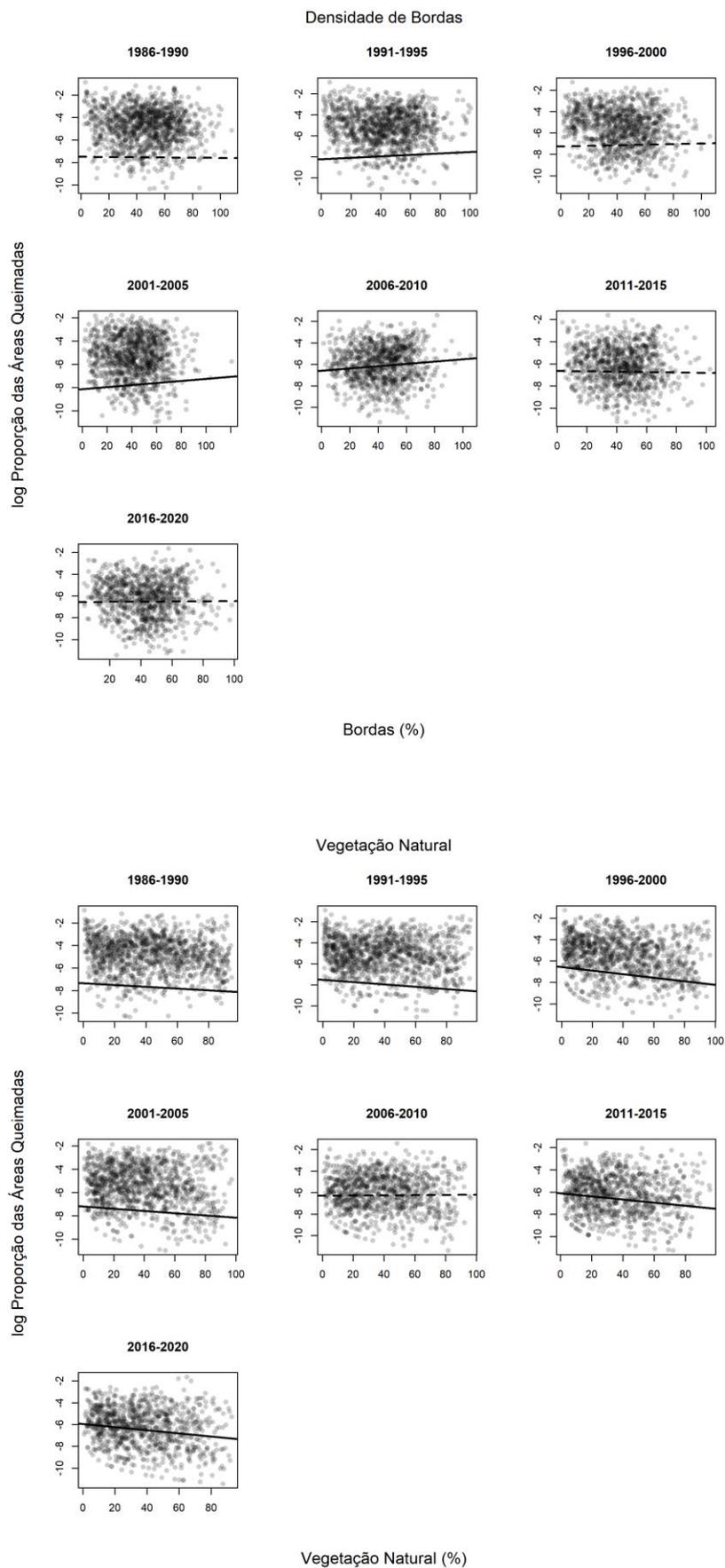
log Extensão das Áreas Queimadas

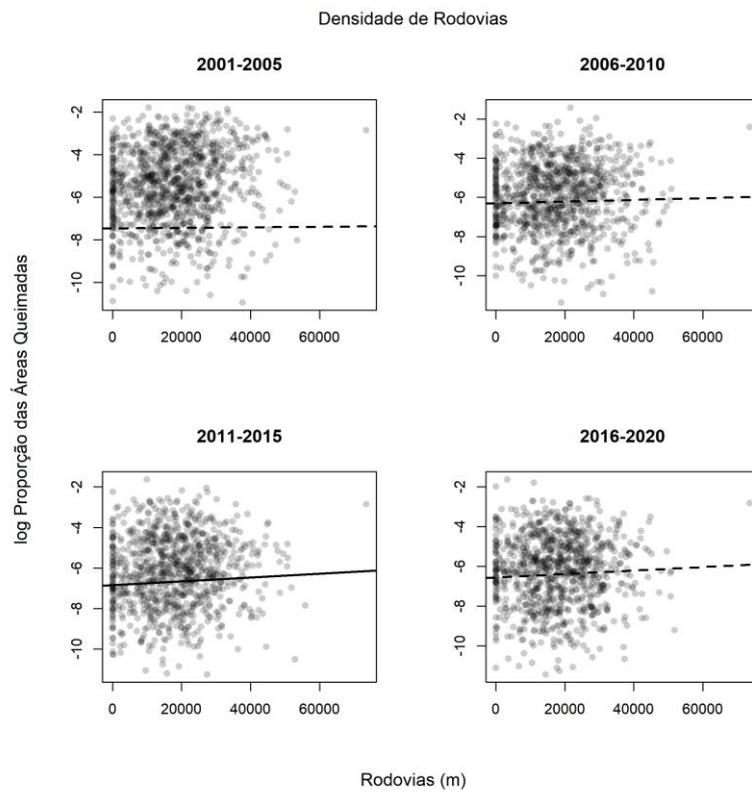
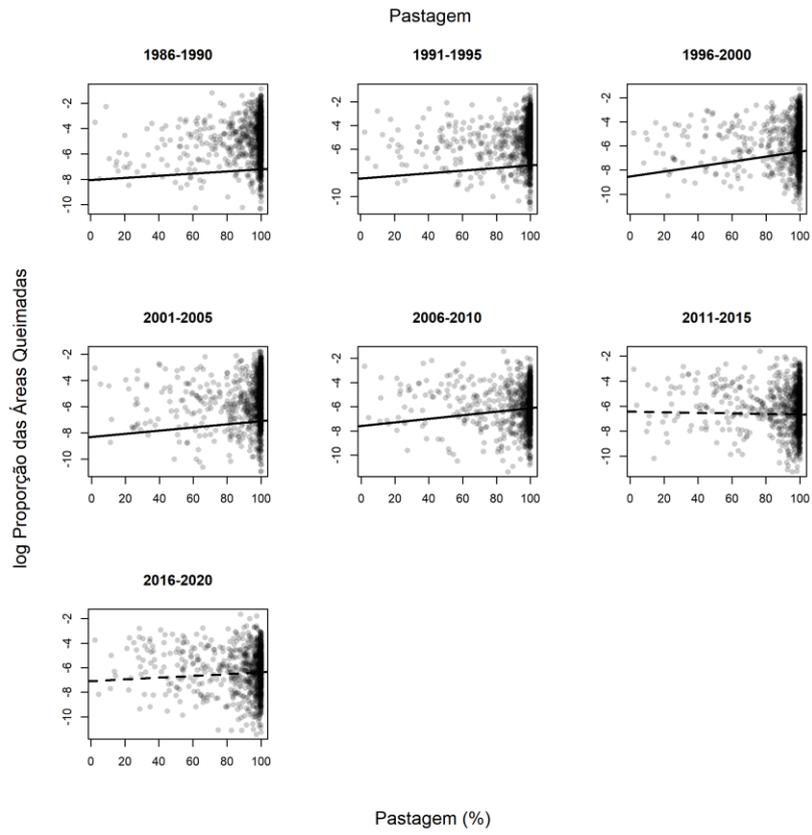
Territórios Indígenas

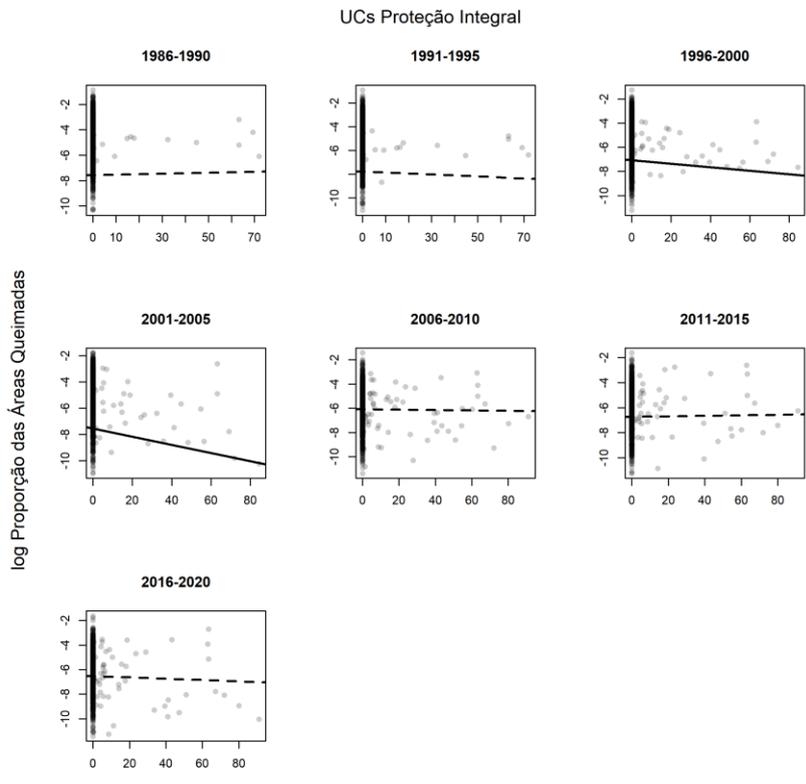


Territórios Indígenas (%)

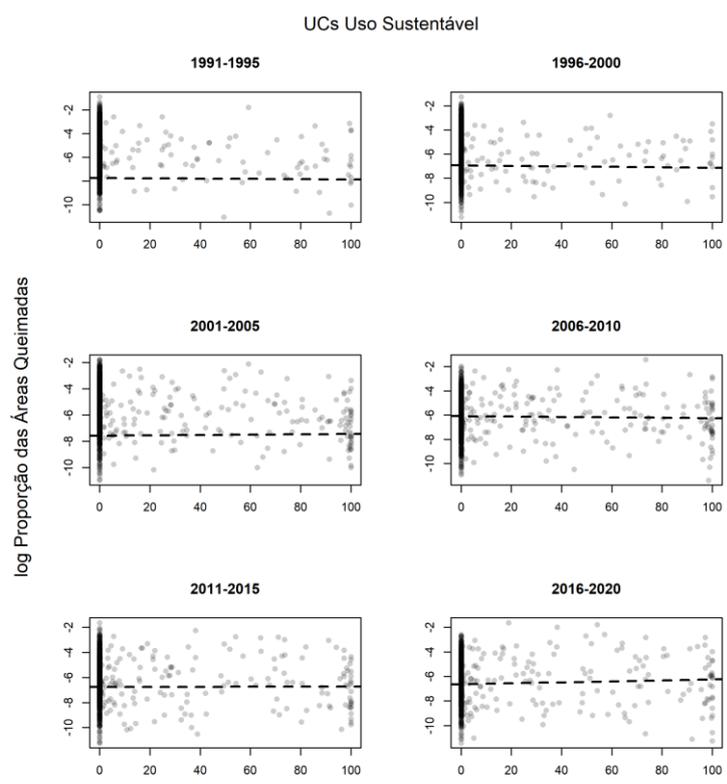
APÊNDICE C- Gráficos da relação de proporção das áreas queimadas e as características das paisagens.





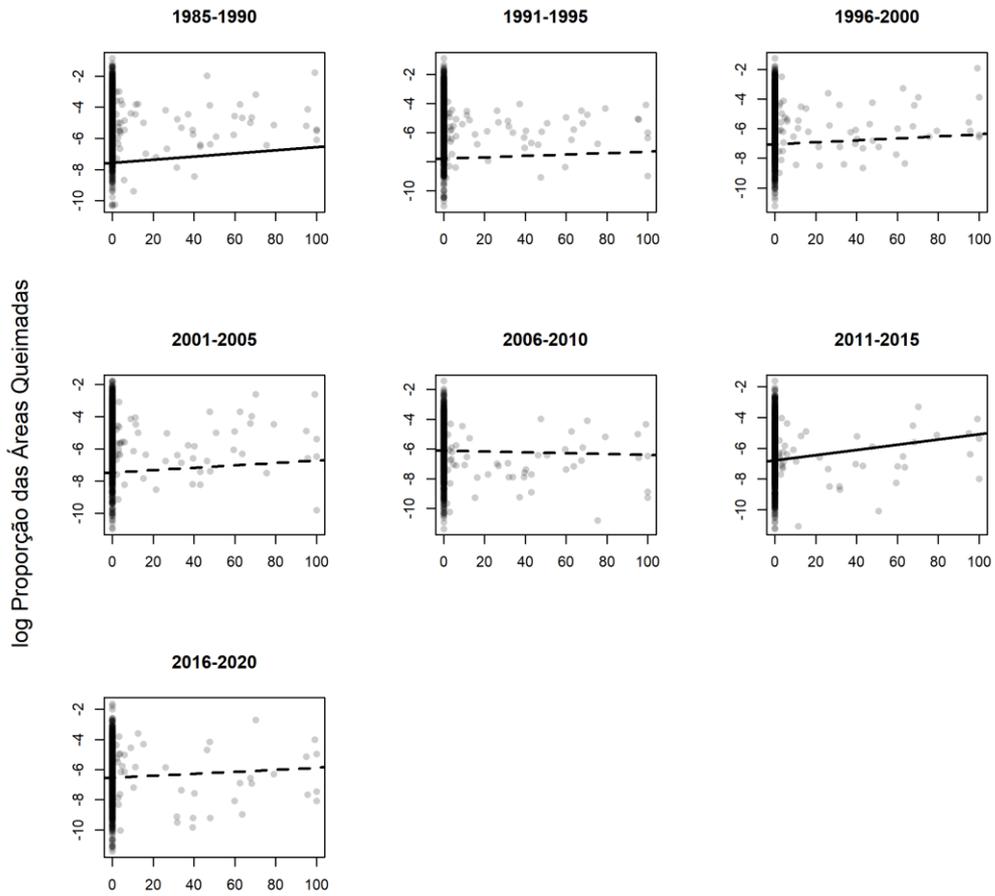


Proteção Integral (%)



Uso Sustentável (%)

Territórios Indígenas



log Proporção das Áreas Queimadas

Territórios Indígenas (%)