

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E QUALIDADE
AMBIENTAL - PPGMQ

FELIPE ROBERTO DIAS RODRIGUES

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE QUEIMADAS E ATIVIDADES DE
MINERAÇÃO LICENCIADAS NA AMAZÔNIA LEGAL**

Uberlândia/MG

2021

FELIPE ROBERTO DIAS RODRIGUES

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE QUEIMADAS E ATIVIDADES DE
MINERAÇÃO LICENCIADAS NA AMAZÔNIA LEGAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental - Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Samara Carbone

Co-orientadora: Anne Caroline Malvestio

Uberlândia/MG

2021

FELIPE ROBERTO DIAS RODRIGUES

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE QUEIMADAS E ATIVIDADES DE
MINERAÇÃO LICENCIADAS NA AMAZÔNIA LEGAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental - Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Samara Carbone

Co-orientadora: Anne Caroline Malvestio

Uberlândia/MG

2021

Samara Carbone

Fernanda Aparecida Veronez

José Guilherme Martins dos Santos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

R696e
2021 Rodrigues, Felipe Roberto Dias, 1994-
Estudo da relação entre queimadas e atividades de mineração licenciadas na Amazônia legal [recurso eletrônico] / Felipe Roberto Dias Rodrigues. - 2021.

Orientadora: Samara Carbone.

Coorientadora: Anne Caroline Malvestio

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.5571>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Qualidade ambiental. I. Carbone, Samara, 1982-, (Orient.). II. Malvestio, Anne Caroline, 1988-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. IV. Título.

CDU: 574

Glória Aparecida
Bibliotecária - CRB-6/2047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental
 BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6717 - www.ppgmq.iciag.ufu.br - ppgmq@iciag.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Qualidade Ambiental (PPGMQ)				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 3/2021, PPGMQ				
Data:	12 de julho de 2021	Hora início:	de 19:30	Hora encerramento:	de 22:00
Matrícula do Discente:	11912MQA008				
Nome do Discente:	FELIPE ROBERTO DIAS RODRIGUES				
Título do Trabalho:	ESTUDO DA INTER-RELAÇÃO ENTRE QUEIMADAS E INDÚSTRIAS DE MINERAÇÃO LICENCIADAS NA AMAZÔNIA LEGAL				
Área de concentração:	Meio Ambiente e Qualidade Ambiental				
Linha de pesquisa:	Processos Ambientais				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Sem vinculação				
Novo título sugerido pela Banca:	ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE QUEIMADAS E INDÚSTRIAS DE MINERAÇÃO LICENCIADAS NA AMAZÔNIA LEGAL				

Reuniu-se por meio de web conferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ), assim composta: Prof.^a Dr.^a Samara Carbone (orientadora do candidato); Prof.^a Dr.^a Fernanda Aparecida Veronez (IFES); e Prof. Dr. José Guilherme Martins dos Santos (INPE).

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa Prof.^a Dr.^a Samara Carbone apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título descrito na tabela acima. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Samara Carbone, Professor(a) do Magistério Superior**, em 12/07/2021, às 22:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Guilherme Martins dos Santos, Usuário Externo**, em 13/07/2021, às 07:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Aparecida Veronez, Usuário Externo**, em 13/07/2021, às 08:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2816333** e o código CRC **61393497**.

A Deus, minha família, meu
namorado e amigos em todos
os sentidos, pelo apoio,
amor e confiança.

Dedico

AGRADECIMENTOS

“Deus escreve certo por linhas tortas” ... Essa é uma frase que eu sempre ouvi e que hoje eu entendo o seu real significado, não somente por causa do mestrado, mas pela experiência e aprendizado nos últimos anos. É difícil e extremamente emocionante escrever estes agradecimentos porque este período conciliou com o mais turbulento na minha vida, cheio de dificuldades, doenças, vontades de desistir de tudo e de todos. É como se um turbilhão de emoções e sensações tivessem acontecido, problemas pessoais e outras coisas, mas, felizmente, hoje estamos aqui, com o trabalho finalmente pronto e, com o tempo, tudo se acertando novamente, voltando ao seu lugar.

Em meio a tudo isso, o apoio de todos ao meu redor foi crucial, tanto para o meu bem-estar quanto para o desenvolvimento desta pesquisa. Existem anjos na nossa vida e não há agradecimento que se faça que possa expressar, por meio de um texto, o tanto que sou sortudo por ter estas pessoas comigo. A todo um enorme muito obrigado!

Gostaria de começar agradecendo a Deus. Por muito tempo confesso que fui negligente com minha religião, deixando de lado, não se importando muito e não prestando o meu papel para com Ele. Em meio a esse caos que foi minha vida nos últimos anos, parei várias vezes para pensar, refletir, tentar colocar a cabeça no lugar e, independente do que eu estava passando ou pensando no momento, sempre foi Ele que me vinha, de pouco em pouco abrindo meus olhos para o que eu estava passando. No mestrado não foi diferente, aprendi que sempre foi com Ele que eu pude contar, iluminando minha vida, meus passos, minha trajetória e abrindo caminhos para o futuro. Só tenho a agradecer a Deus por me trazer luz, paz, serenidade, paciência e todas as outras virtudes necessárias para ser alguém que tenta ser uma pessoa melhor a cada dia que passa.

Em seguida, gostaria de agradecer à minha família. Meus pais, Roberto e Jôse, e meu irmão, Gustavo, foram as pessoas que mais me incentivaram e apoiaram. Não sei o que seria de mim sem eles e eu não poderia ter pedido a Deus por ter nascido em uma família tão amorosa e acolhedora quanto a que tenho. São minha essência, meu tudo, meu universo. São e serão, desde e para sempre, minha fonte de inspiração, força, coragem e amor para com o próximo. Muito obrigado por toda a ajuda, suporte, acolhimento, conselhos e puxões de orelha, hoje consigo entender que sempre foi para o meu bem.

Também agradeço a toda minha família que sempre torceu e orou por mim, especialmente às minhas avós Izamita e Zélia e à minha tia Nábia, que sempre torceram muito pela minha vitória e, de alguma forma, comemoraram comigo todas as minhas conquistas e

sucesso. Sou muito grato por tudo, pelo acolhimento, conversas, ajudas e tudo mais, muito obrigado mesmo! Também deixo claro aqui meus enormes agradecimentos a todo o restante da minha família, meus tios, tias, primos, padrinhos, madrinhas, parentes e conhecidos que sempre torceram por mim, cada um à sua maneira.

Falando um pouco sobre a minha vida acadêmica, desde o começo dela eu nunca soube ao certo em que deveria focar para quando terminasse o curso de engenharia ambiental. As vezes queria seguir carreira acadêmica, em outras trabalhar em consultoria ou empresa, enfim, a curiosidade foi sempre muito grande e acabei me envolvendo com um pouquinho de todos esses setores. Até que no final de 2017, em meio a essa vontade de querer fazer tudo e não decidir nada, apareceu a professora Samara Carbone.

Ela foi uma luz que apareceu na vida naquela época! Me lembro que num dos primeiros dias de aula, ainda na graduação, em uma das suas disciplinas, ela comentou sobre uma ideia de jogo que ela queria desenvolver e estava sem orientando, que isso daria um ótimo TCC, mas que não havia ninguém ainda para trabalhar com ela. No momento aquilo me brilhou os olhos e alguns dias depois fui falar com ela sobre isso. De lá para cá são alguns anos de parceria, com vários momentos importantíssimos e que vou levar de aprendizado para o resto da vida.

A Samara foi orientadora, parceira, colega, mãe, ajudante, chefe, professora, psicóloga... enfim, não há palavras para descrever o tanto que ela sempre foi importante para mim, me ajudando em diversos momentos e de inúmeras maneiras. Muito obrigado por sempre confiar em mim, em ver algum potencial nos meus trabalhos e pesquisas, e por ter essa disposição enorme, paciência e companhia ao longo dessa jornada de crescimento acadêmico e autoconhecimento pessoal.

Alguns anos depois, em 2019, trouxe para minha vida a professora Anne Caroline Malvestio, quando eu já estava no mestrado, mas, mais uma vez, perdido sobre o que gostaria de trabalhar. Por sugestão da Samara, a Anne apareceu para trazer uma luz para nossa pesquisa e contribuir ainda mais para o sucesso desse mestrado. Sem ela, a maior parte dessa pesquisa não teria sido desenvolvida e nunca teríamos pensado em fazer tais análises. Muito Obrigado Anne por todos os ensinamentos, por todo tempo disposto por me escutar, me ajudar, me ensinar a usar programas e aplicativos, por me incentivar a sempre continuar e, principalmente, por acreditar em mim.

Gostaria também de agradecer a todos meus amigos, que de alguma forma estiveram comigo nesse período da minha vida. Por razões maiores, acredito que Deus sempre coloca pessoas de luz na nossa vida, que podem ajudar a gente de alguma forma, mas, mesmo que

essas amizades sejam passageiras, sempre há aprendizado e contribui para nosso conhecimento. Sendo assim, muito obrigado a todos por, em algum momento desses anos, me ajudarem.

Em meio a essas amizades existe uma que eu não posso de deixar de destacar. Meu melhor amigo, Phelipe, foi, e ainda é, a pessoa que eu mais posso contar na vida. São tantas histórias, tantos momentos, risadas, choros, conselhos, festas, brigas e abraços importantes que não sei como escrever isso em um texto. O sentimento de gratidão é impossível de se descrever. Deus colocou a pessoa mais certa de todas para que eu pudesse sempre contar, para sempre me ajudar e me fazer querer ser uma pessoa melhor. Muito obrigado por tudo mesmo, por ser uma fonte de inspiração, de aprendizado, de pessoa de luz e, principalmente, de amizade sincera. Sinto muito a sua falta.

Muito obrigado também a minha amiga Priscila, que sempre foi luz e inspiração no decorrer desses últimos anos. Obrigado por todos os acolhimentos, conselhos, por me ouvir nas horas ruins, por compartilhar da minha dor e, principalmente, por sempre estar ao meu lado, independentemente da situação.

Agradeço ao meu namorado Glauco, que sempre me incentivou no decorrer de toda pós-graduação. Em certos momentos foi a única pessoa que eu pude contar, desabafar, compartilhar o que eu estava sentindo e, independente de tudo, sempre esteve lá por me apoiar. Obrigado por fazer todos os meus dias melhores, por enxergar em mim alguém bom para estar ao seu lado e, principalmente, por todo o amor e carinho que recebo diariamente.

O meu muito obrigado a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), por ter me acolhido durante toda a graduação e pós-graduação, por ter me proporcionado experiências fantásticas, de muito aprendizado e que, com certeza, levarei para a vida toda. Agradeço também a todos do curso de engenharia ambiental e do mestrado, pelo conhecimento adquirido e por sempre me proporcionarem momentos de aprendizado e capacitação. Agradeço a CAPES pela minha bolsa de pesquisa e pelos esforços para valorizar os estudantes de todo o país.

E aqueles que não foram citados, mas contribuíram para o desenvolvimento dessa pesquisa, saibam que sou muito grata a cada um de vocês, muito obrigado por tudo. Todo meu carinho!

Há uma luz em algum lugar;
Que vai fazer seu sonho se realizar;
É só você acreditar!

(ROUGE, “Nunca Deixe de Sonhar”)

RESUMO

O processo de extração mineral pode causar grandes prejuízos ao meio ambiente, como exposição do solo aos processos erosivos, alterações na quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais, poluição do ar devido, dentre outros. Esta poluição é, principalmente, proveniente das mineradoras, que se encontram concentradas em algumas regiões do planeta, como a Amazônia Legal, principal destino de grandes empresas que buscam a obtenção de minérios, como ferro, bauxita e cobre. Além dos problemas relacionados à mineração e extração de recursos naturais, a floresta vem sofrendo também com o aumento da quantidade de número de focos de queimadas. Dessa forma, o presente estudo busca verificar se há relação entre o aumento no número de queimadas observadas na região da Amazônia Legal com as indústrias mineradoras licenciadas na região, em um período de 20 anos (período 2000 – 2019) e verificar, também, se os impactos ambientais previstos por estes empreendimentos estão condizentes com seus respectivos estudos de impacto ambiental (EIA). Para isso, foi verificada a ocorrência de queimadas por imagens de satélites disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e selecionadas as mineradoras que possuem localizações apresentadas nos EIA, de maneira que se possa verificar se existe uma relação entre ambas. Com a disposição espacial das mineradoras e distribuição de focos de queimadas, foram confeccionados mapas para duas análises, uma levando-se em consideração as Área Diretamente Afetada (ADA) e a Área de Influência Direta (AID) dos empreendimentos e outra definindo-se raios de mesmo valor para todas as mineradoras. Foi possível perceber que o estado com mais mineradoras é o Pará, com aproximadamente 57% dos empreendimentos com licença ambiental federal e a ocorrência de queimadas está distribuída ao longo das áreas desmatadas ao entorno dos empreendimentos. Além disso, foi verificado que as mineradoras estudadas não previam a indução de focos de incêndio como possíveis impactos ambientais em seus EIA, e que, mesmo não acarretando diretamente a ocorrência de queimadas nas regiões, os empreendimentos podem ocasionar indiretamente o surgimento dos focos. Porém, para confirmar essa relação, são necessários estudos mais aprofundados.

Palavras-Chave: Preservação, incêndio, Pará, EIA, licenciamento ambiental, aerossol, mapas, mudanças climáticas.

ABSTRACT

The mineral extraction process can cause great damage to the environment, such as exposure of the soil to erosion processes, changes in the quantity and quality of surface water resources, air pollution, among others. This pollution comes mainly from mining companies, which are concentrated in some regions of the planet, such as the Legal Amazon, the main destination for large companies seeking to obtain minerals such as iron, bauxite and copper. In addition to the problems related to mining and extraction of natural resources, the forest has also been suffering from the huge number of fires. Thus, the present study seeks to verify whether there is a relationship between the increase in the number of fires observed in the Legal Amazon region with the licensed mining industries in the region, over a period of 20 years (period 2000 - 2019) and also to verify whether the environmental impacts predicted by these projects are consistent with their respective environmental impact studies (EIA). For this, the occurrence of burning was verified by satellite images provided by the National Institute for Space Research (INPE) and selected mining companies that have locations presented in the EIA, so that it can be verified whether there is a relationship between them. With the spatial arrangement of the mining companies and the distribution of fire outbreaks, maps were made for two analyses, one taking into account the Directly Affected Area (ADA) and the Direct Influence Area (AID) of the projects and the other defining radii of the same value for all mining companies. It was possible to notice that the state with the most mining companies is Pará, with approximately 57% of the projects with a federal environmental license and the occurrence of fires is distributed along the deforested areas surrounding the projects. In addition, it was verified that the studied mining companies did not foresee the induction of fire outbreaks as possible environmental impacts in their EIA, and that, even not directly causing the occurrence of fires in the regions, the projects can indirectly cause the emergence of outbreaks. However, to confirm this relationship, further studies are needed.

Keywords: Preservation, fire, Pará, EIS, environmental licensing, aerosol, maps, climate change.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivos.....	21
1.1.1 Objetivo geral.....	21
1.1.2 Objetivos específicos.....	21
1.2 Hipótese	21
2. REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 Caracterização da Amazônia e Amazônia Legal	23
2.1.1 Amazônia	23
2.1.2 Amazônia Legal	28
2.2 Legislação ambiental brasileira.....	30
2.3 Licenciamento ambiental	32
2.4 A exploração mineral.....	35
2.5 A legislação minerária	40
2.6 Mineração na Amazônia	42
2.7 Focos de queimadas na Amazônia Legal e suas contribuições para o efeito estufa e aquecimento global	46
2.8 Diferença entre queimadas e incêndios florestais.....	49
2.9 Relação entre queimadas e infraestruturas de transporte.....	51
2.10 Relação entre uso da terra e as mudanças climáticas mundiais.....	54
3. METODOLOGIA	56
3.1 Levantamento das mineradoras	56
3.2 Obtenção de dados	56
3.3 Análise dos EIA	58
3.4 Processamento dos dados espaciais	58
3.5 Estudo de raios de influência	59
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	61

4.1 Levantamento das mineradoras e seus estudos.....	61
4.2 Focos de Queimadas	65
2.2.1 Análise de M01	68
4.2.2 Análise de M02	71
4.2.3 Análise da M03	72
4.2.4 Análise de M04	76
4.2.5 Análise de M05	78
4.3 Resultado da análise dos raios	80
4.4 Relação entre mineração e queimadas na Amazônia Legal.....	90
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
7. ANEXOS.....	110
Anexo I: Quantidade de Focos de Queimadas anualmente para cada empreendimento estudado, analisando-se ADA e AID.....	110
Anexo II: Quantidade de focos de queimadas anualmente, analisando-se cada raio para todos os empreendimentos.	111

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Extensão da Floresta Amazônica por toda América do Sul.
- Figura 2:** Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas.
- Figura 3:** Taxa de desmatamento na Amazônia nos últimos anos.
- Figura 4:** Amazônia Legal brasileira.
- Figura 5:** Principais reservas minerais no Brasil em 2016.
- Figura 6:** Proporção de desmatamento em função da distância da estrada na Amazônia legal.
- Figura 7:** Relação entre áreas desmatadas e estradas no Pará.
- Figura 8:** Emissões de GEE no Brasil no período de 2000 – 2018.
- Figura 9:** Distribuição por estado das mineradoras, localizadas na Amazônia Legal, com processo de licença ambiental no âmbito federal em andamento até 2019.
- Figura 10:** Localização das mineradoras analisadas neste estudo.
- Figura 11:** Distribuição espacial do total dos focos de queimadas na Amazônia Legal durante o período 2000-2019.
- Figura 12:** Quantidade anual de focos de queimadas localizados na ADA e AID para cada um dos empreendimentos analisados.
- Figura 13:** Quantidade de focos de queimadas entre os anos de 2000 e 2019 para cada um dos empreendimentos analisados, localizados na ADA, na AID e somatória de ambos.
- Figura 14:** Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M01.
- Figura 15:** Concentração total de queimadas ao entorno de M01.
- Figura 16:** Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M02.
- Figura 17:** Concentração total de queimadas ao entorno de M02.
- Figura 18:** Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M03.
- Figura 19:** Concentração total de queimadas ao entorno de M03.
- Figura 20:** Imagem de satélite.
- Figura 21:** Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M04.
- Figura 22:** Concentração total de queimadas ao entorno de M04.
- Figura 23:** Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M05.
- Figura 24:** Concentração total de queimadas ao entorno de M05.
- Figura 25:** Relação entre distância e a quantidade de focos de queimadas e os empreendimentos durante os anos estudados.
- Figura 26:** Quantidade de focos de queimadas anualmente, para cada um dos empreendimentos estudados.

Figura 27: Concentração total de queimadas nos raios de M01.

Figura 28: Concentração total de queimadas nos raios de M02.

Figura 29: Concentração total de queimadas nos raios de M03.

Figura 30: Concentração total de queimadas nos raios de M04.

Figura 31: Concentração total de queimadas nos raios de M05.

Figura 32: Cobertura e uso da terra no Estado do Pará (2018).

Figura 33: Cobertura e uso da terra no Estado do Pará (2018 - recorte).

Figura 34: Comparação entre a distribuição entre focos de queimadas e área desmatada para cada um dos empreendimentos estudados.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais instrumentos de criação das Áreas Protegidas no Brasil.

Tabela 2: Produção de minerais no Brasil entre 2013 – 2017 e ranque mundial do país na produção dos minérios.

Tabela 3: Principais gases de Efeito Estufa.

Tabela 4: Lista de mineradoras utilizadas para realização do presente trabalho.

Tabela 5: Relação das mineradoras estudadas e anos de obtenção de suas respectivas licenças ambientais.

Tabela 6: Quantidade de focos de queimadas, no período 2000-2019, e área dos empreendimentos.

Tabela 7: Quantidade de focos de queimadas total, em cada raio, para os empreendimentos estudados.

Tabela 8: Taxas de aumento na quantidade de focos de queimadas, entre os raios propostos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA – Área Diretamente Afetada
AG – Aquecimento Global
AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
AID – Área de Influência Direta
AL – Amazônia Legal
AM – Amazonas
ANM – Agência Nacional de Mineração
AP – Amapá
APA – Áreas de Proteção Ambiental
BIT – Banco de Informações de Transportes
Bt - Bilhões de Toneladas)
°C – Grau Celsius
CE – Carbono Elementar
CH₄ – Gás Metano
Cm – Centímetro
CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNP – Conselho Nacional do Petróleo
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CO – Monóxido de carbono
CO₂ – Dióxido de Carbono
CO₂e – CO₂ equivalente
CSN – Companhia Siderúrgica Nacional
CVRD – Companhia Vale do Rio Doce
DILIC – Diretoria de Licenciamento Ambiental
DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
FCA – Ficha de Caracterização de Atividade
GEE – Gases do Efeito Estufa
H₂O – Água
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
IUM – Imposto Único sobre o Mineral
Km – Quilômetros
Km² – Quilômetros Quadrados
LA – Licenciamento Ambiental
LAT – Latitude
LI – Licença de Instalação
LO – Licença de Operação
LONG – Longitude
LP – Licença Prévia
M – Metro
M01 – Mineradora 01
M02 – Mineradora 02
M03 – Mineradora 03
M04 – Mineradora 04
M05 – Mineradora 05
MG – Minas Gerais
Mm – Milímetro
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MME – Ministério de Minas e Energia
MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MP – Material Particulado
MUSA – Mineração Usiminas
N – Norte
N₂O – Óxido Nitroso
Ne – Nordeste
O₂ – Oxigênio
O₃ – Gás Ozônio
OMS – Organização Mundial da Saúde
PA – Pará
PACUERA - Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial
PBA – Projeto Básico Ambiental
PCA – Plano de Controle Ambiental

PDA – Planos de Desenvolvimento da Amazônia

PIB – Produto Interno Bruto

PNM 2030 - Plano Nacional de Mineração 2030

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

PREVFOGO - Sistema Nacional de Prevenção e Controle de Incêndios Florestais

RAS – Relatório Ambiental Simplificado

RCA – Relatório de Controle Ambiental

RDAE – Relatório de Desempenho Ambiental do Empreendimento

RDPA – Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa

SUDAM – Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia

T - Toneladas

TR – Termo de Referência

WWF – World Wide Fund for Nature

1. INTRODUÇÃO

O aumento das necessidades da sociedade pelo consumo de produtos industrializados fez que com que aumentasse a demanda por exploração de recursos naturais, entre eles os de origem mineral, para os mais diversos fins. Essa grande extração de recursos, também conhecida como “extrativismo”, é caracterizada para designar toda coleta de produtos naturais, podendo ter origem mineral, vegetal ou animal (MURRIETA; RUEDA, 1995).

Segundo Drummond (1996) e Soares *et al.* (2018), o extrativismo contribui diretamente para a produção de bens de consumo, uma vez que são retirados das suas áreas de ocorrência natural e destinados às indústrias, transformando-se em produtos com maior valor agregado. Nos últimos dez anos, a produção do setor aumentou 550%, com investimentos de US\$75 bilhões (ARAUJO; OLIVEIARI; FERNANDES, 2014).

De acordo com Araújo e Fernandes (2011), a indústria mineral apresenta um dinâmico ritmo de crescimento, tanto em volumes extraídos, quanto na abertura de novas minas, causando grande degradação ao meio ambiente. Além disso, Sonter *et al.* (2017) cita a mineração e seus riscos significativos e potencialmente subestimados em todo o mundo, contribuindo fortemente para a perda de biodiversidade.

A mineração causa impacto devido à supressão de vegetação, exposição do solo aos processos erosivos, alterações na quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e poluição do ar devido aos poluentes atmosféricos (gases e partículas de aerossol) que são expelidos durante os processos de quebras e desmontes das rochas e da queima de combustível fóssil utilizado nas máquinas e no transporte decorrente destes processos (MECHI e SANCHES 2010; LEITE *et al.*, 2017).

De acordo com Ferreira *et al.* (2007), a mineração é uma atividade que causa grandes impactos diretos ao ambiente devido a retirada das camadas superficiais do solo, e indiretos, decorrentes das infraestruturas associadas ao empreendimento, como as estradas que são indutoras de ocupação local que pode causar queimadas e prejudicar a qualidade do meio ambiente local.

Segundo o World Wide Fund for Nature (WWF) Brazil, a poluição proveniente das mineradoras é mais acentuada em algumas regiões do planeta. O estudo cita a região da Amazônia Legal que apresenta 45,2% do seu território coberto por áreas protegidas, como palco de intensos conflitos relacionados às atividades minerárias.

Para se ter uma ideia, até o ano de 2018, os processos minerários que apresentam alguma intersecção com áreas protegidas na Amazônia Legal totalizaram 17.003, sendo que, 9.926

estão em posse da União, como processos bloqueados ou aguardando publicação de disponibilidade (processo licitatório) e 7.077 nas mãos do setor privado, seja por direito de pesquisa e extração ou expectativa de direito, aguardando a análise do requerimento ou o julgamento da licitação (WWF, 2018).

Segundo Silva (2008), na Amazônia Legal localizam-se os seguintes percentuais das reservas minerais sobre o total do país: 30% da reserva de ferro; 80% da bauxita; 50% do caulim, 75% do cobre e 87% do estanho. Dessa forma, a Amazônia Legal é uma região de grande interesse para as empresas que buscam a obtenção desses minérios, o que poderá contribuir significativamente com a degradação ambiental e aumento do número de emissões provenientes das mineradoras.

Além dos problemas relacionados à mineração e obtenção de recursos naturais, a Amazônia Legal registrou grande quantidade de focos de queimadas ao longo dos últimos anos. As perpetuações das queimadas, neste cenário, causam impactos negativos sociais e ambientais decorrentes dos incêndios (FONSECA-MORELLO, 2017).

Segundo a World Health Organization (2010) e Andrade Filho (2017), as queimadas são os principais contribuintes mundiais para a emissão de poluentes atmosféricos, incluindo os gases de efeito estufa (GEE) e material particulado. Esses incêndios florestais e a queima da biomassa, embora fontes intermitentes de poluição do ar, representam enormes fontes de poluição por combustão, afetando todo planeta. Ressalta-se que as alterações do uso da terra são responsáveis por aproximadamente 50% das emissões de gases do efeito estufa no Brasil (SEEG, 2019).

De acordo com Artaxo e Rodrigues (2019), uma das consequências em longo prazo devido às queimadas é o agravamento do efeito estufa, visto que quando se queima um hectare da Floresta Amazônica, são emitidas em torno de 150 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera.

Assim, sabendo da expansão da atividade mineradora na Amazônia Legal e, ao mesmo tempo, reconhecendo os potenciais impactos ambientais a ela associados, o presente estudo tem como objetivo analisar se há relação entre a instalação e operação de indústrias de mineração, com licenciamento ambiental, na região da Amazônia Legal e a quantidade de queimadas observadas nas áreas de entorno, durante um período de 20 anos (2000 – 2019), verificando também se a indução de queimadas está prevista nos seus respectivos Estudos de Impacto Ambiental (EIA).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a relação entre a instalação e operação de indústrias de mineração, com licenciamento ambiental, localizadas na região da Amazônia Legal e a quantidade de queimadas observadas nas áreas de entorno, durante um período de 20 anos (2000 – 2019).

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar as mineradoras licenciadas que estão presentes na região da Amazônia Legal;
- Levantar o número de queimadas que ocorreram nas áreas de entorno das mineradoras estudadas no presente trabalho, durante um período de 20 anos (2000 – 2019);
- Analisar se há relação entre o aumento no número de queimadas na Amazônia Legal com a presença das indústrias mineradoras licenciadas;
- Verificar se a ocorrência de queimadas na área de influência dos empreendimentos foi prevista nos Estudos de Impactos Ambientais dos empreendimentos e se condiz com o observado em relação à ocorrência de queimadas;
- Avaliar a quantidade de focos de queimadas, de acordo com a proximidade dos empreendimentos, adotando-se raios de distância iguais para todos;
- Verificar se os impactos ambientais previstos pelos empreendimentos estão presentes nos seus respectivos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), no que tange à ocorrência de queimadas na área de influência dos empreendimentos.

1.2 Hipótese

Nos últimos anos, observa-se uma grande quantidade de mineradoras que se instalaram na região da Amazônia. Por outro lado, verifica-se um aumento do número de focos de queimadas em suas áreas de entorno. A floresta Amazônica se tornou palco de conflitos relacionados às atividades minerárias, sendo que a instalação e operação desses empreendimentos podem ser a causa do aumento do número de focos de queimadas em suas áreas de entorno. Dessa forma, o presente trabalho testará a hipótese de que, na região da Amazônia Legal, empreendimentos minerários possuidores de licenciamento ambiental são indutores da ocorrência de queimadas, visto que causam enormes impactos ambientais desde

sua construção e instalação até o fim de operação para a retirada de minérios do solo e posterior recuperação da área.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo abordará tópicos fundamentais para a realização do estudo, abrangendo conceitos e caracterização de assuntos como Amazônia, mineração, queimadas, dentre outros.

2.1 Caracterização da Amazônia e Amazônia Legal

Por ser muito ampla, com inúmeras possibilidades de obtenção de recursos e possuir a maior floresta equatorial do mundo, a Amazônia passou a ser centro de grande interesse para pesquisadores, gerando uma quantidade considerável de pesquisas e artigos que visam conhecer sua dinâmica ecológica e como a intervenção humana afeta o seu ecossistema em geral.

2.1.1 Amazônia

A Amazônia é uma floresta com área de 6,9 milhões de km², estendendo-se pelos países: Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Guiana Francesa, Peru e Suriname. A parte amazônica presente no território brasileiro corresponde a 4.196.943 km², sendo considerada o maior bioma brasileiro, estendendo-se pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e parte do estado do Maranhão (MAGALHÃES, 2020) (Figura 1).

52% da área, mas 20% apresentam clima tropical chuvoso sem estação seca definida, enquanto o restante da área (28%) tem clima tropical chuvoso com período seco de até 90 dias, sendo classificada então com clima chuvoso. Os índices pluviométricos situam-se na faixa de 1.300 a 3.500 mm, havendo, em geral, um superávit hídrico de janeiro a junho, e um déficit hídrico entre agosto a dezembro (Serrão *et al.*, 1982; Demattê e Demattê, 1996).

O clima da região é equatorial, caracterizado por elevadas temperaturas e grande índice pluviométrico em todo o ano. Dessa forma, as temperaturas médias anuais variam entre 22 e 28°C, a umidade do ar pode ultrapassar os 80% e o índice pluviométrico varia entre 1.400 a 3.500 milímetros por ano (MAGALHÃES, 2020).

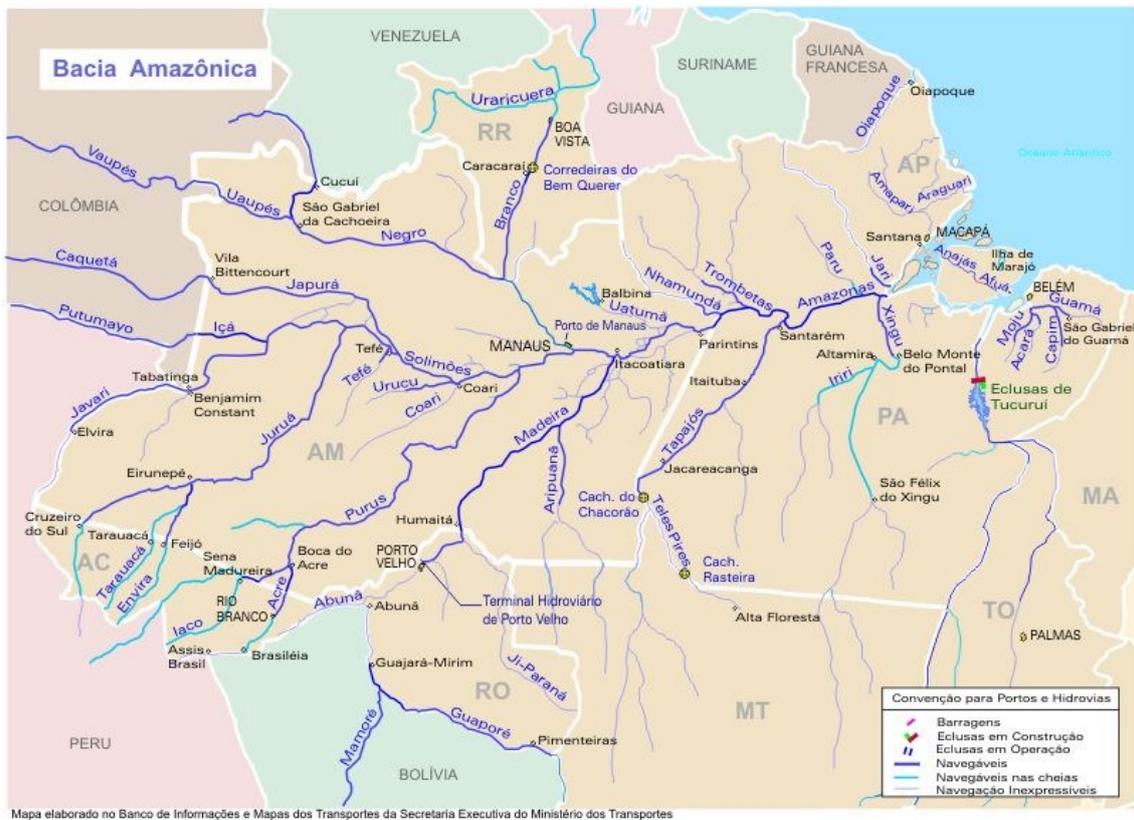
Molion (1987, 1993) cita as circulações de macro e meso-escala que atuam na Amazônia, ajudando e promovendo a precipitação na região. Ainda segundo o autor, os mecanismos que provocam chuva podem ser agrupados em três tipos, sendo convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições de larga-escala favoráveis; linhas de instabilidade originadas na costa N-NE (norte-nordeste) do litoral do Atlântico e aglomerados convectivos de meso e larga escala, associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil e interagindo com a Amazônia.

De acordo com Magalhães (2020), o relevo é constituído por planície de inundação (várzeas), planalto e escudos cristalinos, na maioria das vezes não contendo altitudes acima de 200 metros, fora o Pico da Neblina, considerado o ponto mais alto do Brasil, localizado ao norte do estado do Amazonas, com altitude de 3.014 metros.

Os Oxissolos e Ultissolos são os solos dominantes da Amazônia, representando, aproximadamente, 70% a 75%, respectivamente, dos solos da região e, em sua grande maioria, apresentam textura média-argilosa e baixa fertilidade química natural (JÚNIOR; CONTINI; NAVARRO, 2011). Segundo estes autores, entre 70% a 77% dos solos da região têm limitações de cálcio, magnésio, potássio, enxofre, além de problemas com toxidez de alumínio.

Cabe destacar que o Brasil detém 63,88% da área da bacia hidrográfica, abrangendo o Amazonas (Solimões/Amazonas), principal rio do bioma. Essa bacia (Figura 2) é limitada a Oeste pela Cordilheira dos Andes, ao Norte pelo Planalto das Guianas, ao Sul pelo Planalto Central e a Leste pelo Oceano Atlântico, por onde toda a água captada na bacia escoar (IBGE, 2020). Está situada entre os dois hemisférios (Norte e Sul), contribuindo com a alternância de sazonalidade do regime hidrológico, com imenso volume de água escoado resultando nas flutuações anuais do nível da água, denominado como pulso de inundação e com forte influência no funcionamento ecológico do sistema (JUNK, 1989; CUNHA e PASCOALOTO, 2009; SILVA 2013).

Figura 2: Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas.



Fonte: Ministério dos Transportes (2014).

Segundo o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM, 2001), a floresta Amazônica representa um terço das florestas tropicais do mundo, além de conter mais da metade da biodiversidade do planeta. Entre suas principais funções ecossistêmicas estão: participação na regulação das chuvas em quase todo o Brasil; influência no regime de chuvas na América do Sul; a maior biodiversidade do planeta, sendo que muitas espécies ainda nem foram descobertas; atuação na regulação do clima mundial; armazenamento de bilhões de toneladas de carbono, dentre outros (MAGALHÃES, 2020).

O desmatamento na Amazônia representa a liberação de mais de 200 milhões de toneladas de carbono por ano (2,2% do fluxo total global), contribuindo com o efeito estufa na atmosfera (IPAM, 2001). Alguns efeitos associados ao contínuo aumento das emissões de CO₂ (9 bilhões de toneladas por ano) e de outros gases para a atmosfera, são: mudanças no clima, quebra de safras agrícolas e o aumento do nível do mar, o que poderia inundar as cidades litorâneas. As emissões de carbono mundiais para a atmosfera provêm da queima dos

combustíveis fósseis (80%) e das mudanças no uso da terra (20%), principalmente o desmatamento (REVISTA DA MADEIRA, 2020).

Vários autores afirmam em suas pesquisas que grande parte da Amazônia já foi degradada pela ação humana. Segundo Lovejoy e Nobre (2018), a destruição da floresta chegou a um ponto sem volta, visto que aproximadamente 20% da sua área já foram desmatados, o que pode gerar impactos profundos na manutenção de todo o ecossistema.

Segundo Ross (2006), a Amazônia é a última floresta com dimensões continentais do mundo. O autor também identifica que, quanto ao seu uso, existem no mínimo dois grupos de atores com grande interesse na região: o primeiro buscando a obtenção de recursos, visando, dessa forma, sua extração e transformação e o segundo com interesse na preservação da floresta equatorial.

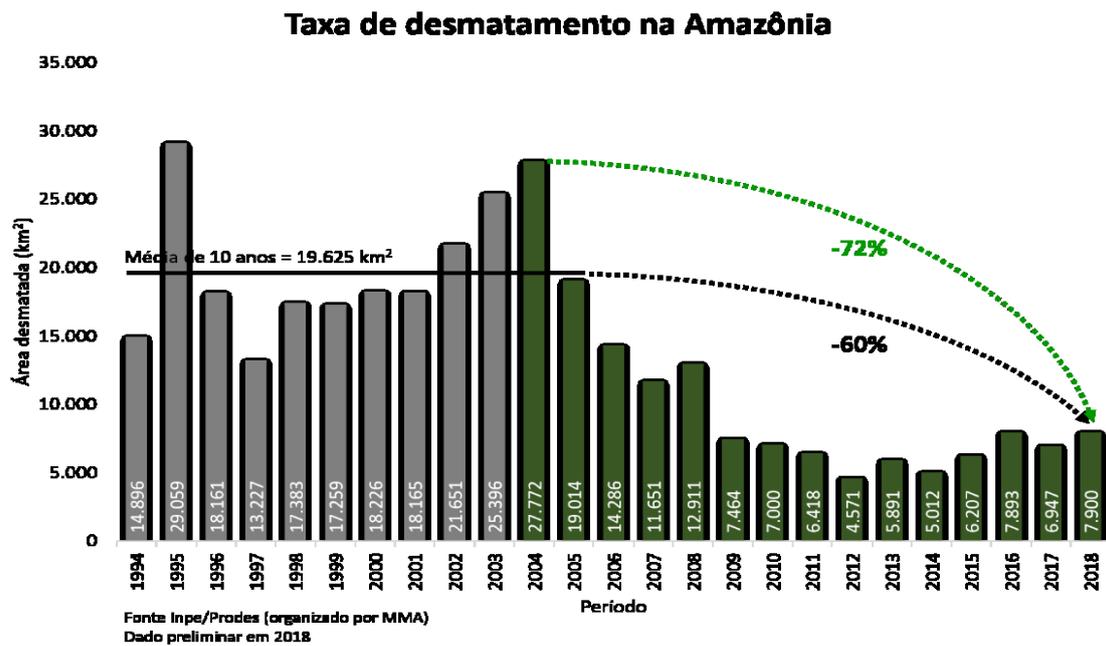
Dada a imensa disponibilidade de terras na região, Prates e Bacha (2011) citam vários autores que focam seus estudos na extração de materiais, além do surgimento da agricultura e como foi seu avanço na região. Dessa forma, é relatado que a obtenção de recursos minerais e naturais na Amazônia começou a ser explorada de maneira exacerbada e acelerada, ocorrendo desmatamento do bioma amazônico e, conseqüentemente, degradação de todo ecossistema local.

A Amazônia vem sofrendo intensa exploração ao longo dos séculos. Segundo Castelo (2015), as políticas ambientais vêm determinando quanto dessas florestas estão sendo conservadas nos últimos anos. A formação social brasileira, a expansão da fronteira econômica e a geração de renda e de emprego avançaram no passado e, atualmente, vem removendo as florestas do caminho (CAPOBIANCO, 2002; ARNT, 1992), contribuindo drasticamente para o aumento dos índices de desmatamento e degradação ambiental no país.

Na Amazônia, esse processo começou após a abertura das primeiras estradas, a partir da década de 1960, e dos processos de colonização local, acarretando na perda de uma área relevante da cobertura vegetal, bem como, exploração de uma grande área de floresta. Segundo Castelo (2015), a Amazônia já perdeu 12% da sua cobertura vegetal (600 mil km² de florestas) nos últimos 30 anos, o equivalente a todo o território do Sul do Brasil.

A Figura 3 apresenta a taxa de desmatamento na Amazônia nos últimos anos. Nota-se que, até 2005, a taxa de desmatamento variava entre 15 mil e 25 mil km² de florestas naturais destruídas e agregadas à área desmatada (GONÇALVES, 2005). Após esse ano houve uma diminuição desse número devido a tentativas governamentais de controlar o desmatamento, voltando a aumentar no ano de 2015 (MMA, 2018).

Figura 3: Taxa de desmatamento na Amazônia nos últimos anos.



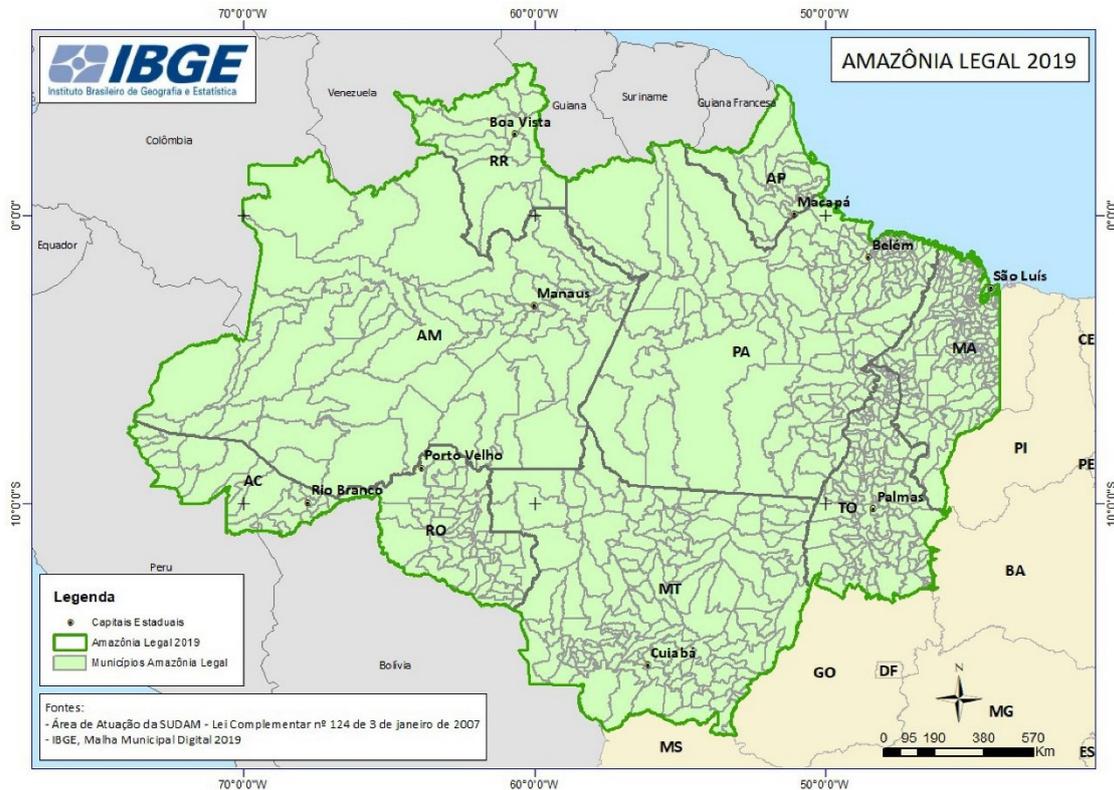
Fonte: Inpe/Prodes (Organizado por MMA, 2018).

Contudo, as questões mais urgentes, em termos da conservação e uso dos recursos naturais da Amazônia, dizem respeito à perda em grande escala das funções ambientais da floresta (manutenção do ciclo de vida, regulação da temperatura, dentre outras) frente ao avanço do desmatamento ligado às políticas de desenvolvimento local. Alguns exemplos são: especulação de terra ao longo das estradas, crescimento das cidades, aumento dramático da pecuária bovina, exploração madeireira e minerária e agricultura familiar (FERREIRA, VENTICINQUE e ALMEIDA, 2005). Ainda segundo os autores, esse aumento das atividades econômicas em larga escala sobre os recursos da Amazônia legal brasileira tem aumentado drasticamente a taxa de desmatamento que, no período de 2002 e 2003 por exemplo, foi de 23.750 km².

2.1.2 Amazônia Legal

A Amazônia Legal (AL) é constituída pelos estados do Mato Grosso, Pará, Acre, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá, Tocantins e Maranhão (Figura 4), e totaliza aproximadamente 5,2 milhões de km², o que corresponde a cerca de 60% do território brasileiro. Apesar de sua grande extensão territorial, a demografia da região indica pouco mais de 24 milhões de habitantes, ou seja, 12,4% da população nacional e a menor densidade demográfica do país com cerca de quatro habitantes por km² (IBGE, 2020).

Figura 4: Amazônia Legal brasileira.



Fonte: IBGE (2019)

Instituída originalmente pela Lei Federal nº 1.806 de 1953, Amazônia Legal é um conceito político-administrativo que visou estabelecer o limite de atuação da então Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), órgão federal substituído em 1966 pela Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) (MAURANO, ESCADA e RENNO, 2019).

Segundo Prates e Bacha (2011), para estimular as atividades econômicas na Amazônia Legal, o governo federal, além dos investimentos em infraestrutura (como a construção de rodovias) e dos projetos de colonização que realizou, instituiu políticas de incentivos fiscais e de linhas de crédito para estimular atividades econômicas na região. Ou seja, o governo começou a incentivar que projetos econômicos comesçassem a ter melhor planejamento e mais execução de projetos econômicos naquela região, facilitando a implantação de atividades extrativistas, agropecuárias, minerais e industriais locais na Amazônia Legal.

2.2 Legislação ambiental brasileira

Marion (2013) menciona que os problemas ambientais são assuntos amplamente discutidos, de modo que a questão ambiental e também o direito ambiental são afetados pela globalização e suas vertentes, tanto de forma positiva quanto negativa. O autor apresenta ainda, vários elementos que interferem na defesa do meio ambiente, como os interesses particulares de variados órgãos, os quais afetam as decisões públicas, também pelas questões econômicas e outros. A preocupação com o direito ambiental é submetida ao segundo plano, uma vez que entra em conflito com os interesses econômicos, ou seja, uma vez que a problemática do meio ambiente impeça ou diminua o ganho de capital ela é deixada de lado (MARION, 2013).

A legislação brasileira vem impondo, como obrigação da sociedade e do próprio Estado, a preservação e defesa do Meio Ambiente. A Tabela 1 apresenta a legislação ambiental que trata de Áreas Protegidas no Brasil. Sua implantação tem sido um importante instrumento na contenção de impactos produzidos pelo ser humano em todo o território e sobre os recursos naturais, ajudando na preservação da biodiversidade sem grandes abalos de origem antrópica.

Tabela 1. Principais instrumentos de criação das Áreas Protegidas no Brasil.

Instrumentos	Tipologias
Código Florestal (Dec. 2.3793/34) Código de Caça e Pesca (Dec. 2.3793/34)	Floresta Protetora; Floresta Remanescente; Floresta de rendimento; Floresta Modelo; Parques de Criação e Refúgio de animais
Novo Código Florestal (Lei 12.651/12)	Parque Nacional; Floresta Nacional; Área de Preservação Permanente; Reserva Legal
Lei de Proteção dos Animais (Lei 5.197/67)	Reserva Biológica; Parque de Caça Federal
Convenção sobre zonas Úmidas, 1971 (Promulgada pelo Dec. 1.905/96)	Áreas de Reconhecimento Internacional
Conv. Patrimônio Mundial, 1972 (Promulgada pelo Dec. 80.978/77)	Áreas de Reconhecimento Internacional
Estatuto do Índio (Lei 6.001 de 19/12/73)	Terras Indígenas

Lei de criação das Estações Ecológicas (Lei 6.902/81)	Estação Ecológica
Lei de Criação das Áreas de Proteção Ambiental (Lei 6.902/81)	Área de Proteção Ambiental
Decreto da Criação das Reservas Ecológicas (Dec. 89336/84)	Reserva Ecológica
Lei de Criação das ARIEs (89.336/84)	Área de Relevante Interesse Ecológico
Lei de Criação das RPPNs (1.922/96)	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei 9985/2000)	Unidades de Proteção Integral (PI) e Unidades de Uso Sustentável (US)
Programa MaB, 1970 (Dec. 74685/74 e Dec. Pres. 21/09/99)	Áreas de Reconhecimento Internacional
Convenção sobre Zonas Úmidas, 1971 (promulgada pelo Dec. 1905/96)	Áreas de Reconhecimento Internacional
Estatuto do Índio (Lei nº 6001 de 19/12/1973)	Terras Indígenas

Fonte: Sumarizada a partir de Medeiros (2005). Adaptada de Castelo,(2015).

O Código Florestal Brasileiro foi aprovado, primeiramente, em 1934, e partiu do pressuposto de que a conservação das florestas e dos outros ecossistemas naturais interessa a toda a sociedade (CASTELO, 2015). Para Ahrens (2003), o Código Florestal de 1934 (Decreto Federal nº 23.793/1934) resultou de um anteprojeto elaborado por uma Comissão cujo relator foi Luciano Pereira da Silva, e estabeleceu que "as florestas consideradas em conjunto" constituíam "bem de interesse comum a todos os habitantes do país". O Código Florestal de 1934 foi um grande passo para a proteção das florestas e do meio ambiente de maneira geral, porém, teve sérias dificuldades de implementação. Essa lei surgiu como uma reação ao desmatamento, quando a mata atlântica estava sendo substituída rapidamente por plantios de café.

Alguns anos depois surgiu a oportunidade de reformulação do Código de 1934, sendo aprovado então o Código Florestal de 1965, Lei Federal nº 4.771. Com o avanço da mecanização agrícola, das monoculturas e da pecuária extensiva observou-se a necessidade de maior preservação do meio ambiente, antes que danos irreparáveis fossem causados aos biomas (APARECIDA *et al.*, 2017).

Posteriormente, várias discussões e debates foram feitos sobre possíveis mudanças no Código Florestal. No início de 2012, a nova proposta foi aprovada na Câmara dos Deputados, passando pelas três comissões do Senado antes de ir a Plenário, sendo aprovada pela Câmara e pela, então, presidente da república, após alguns vetos e revisão do texto do citado código.

Outra lei de proteção ambiental no Brasil é a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que foi adotada em 1981 como a Lei Federal nº 6.938, instituindo que a vegetação nativa passaria a ser vista como um bem jurídico e ambiental. A PNMA, de maneira geral, estabeleceu princípios sobre ações governamentais para manutenção do equilíbrio ecológico; racionalização do uso do solo; planejamento e fiscalização dos recursos ambientais; preservação de áreas representativas; controle e zoneamento; incentivo a pesquisas; recuperação de áreas degradadas, entre outros. Objetiva, assim, a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com preservação da qualidade do meio ambiente, definindo áreas prioritárias para a qualidade do equilíbrio ecológico segundo os interesses da União, Estados e municípios (BRASIL, 1981).

2.3 Licenciamento ambiental

Na década de 1980 tem-se, no Brasil, um marco historicamente relevante para o cenário das políticas públicas relativas ao meio ambiente. Surge a Política Nacional do Meio Ambiente, que traz uma visão globalizada sobre o meio ambiente. Deve-se esse ganho normativo ambiental à Convenção de Estocolmo, realizada em 1972, e que estimulou o sentimento ambiental pelo mundo (SCHIAVO e BUSSINGUER, 2020).

Contudo, o Licenciamento Ambiental, previsto na Política Nacional do Meio Ambiente, só trouxe a regulamentação desse sistema em 1997, com a edição da Resolução Conama 237/1997 (SCHIAVO e BUSSINGUER, 2020). Nesse cenário, o instrumento do Licenciamento Ambiental é processo de autoria da esfera privada que deve ser fiscalizado, monitorado e liberado pela administração pública como forma de resguardar o meio ambiente (BRASIL, 1997).

Desse modo, as questões ambientais estão enquadradas em um subsistema de política da administração pública. Principalmente a questão do Licenciamento Ambiental, que deve ser tratada de forma específica por profissionais que são técnicos e estão aptos a liberar o uso à esfera privada (SCHIAVO e BUSSINGUER, 2020).

Segundo Schiavo e Bussinguer (2020), o Licenciamento Ambiental é objeto obrigatório de observação do Estado e está pautado em legislação com abrangência nacional. Tem perspectiva de política pública e é definido como parâmetros do Estado para cumprimento do artigo 225 da Constituição Federal. Não cabe ao Estado a opção de cumpri-lo, mas sim o dever da aplicação e da fiscalização de novos empreendimentos.

A competência para a condução do licenciamento ambiental pode ser da União, Estados ou Municípios. O órgão executor do licenciamento ambiental de competência da União é o IBAMA. No âmbito do IBAMA, o licenciamento ambiental é conduzido pela Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILIC).

De acordo com o previsto no Art. 7º da Lei Complementar nº 140/2011, compete a União promover licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades que: estejam localizados ou desenvolvidos conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; localizados ou desenvolvidos no mar territorial, na plataforma continental ou na zona econômica exclusiva; localizados ou desenvolvidos em terras indígenas; localizados ou desenvolvidos em unidades de conservação instituídas pela União, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs); localizados ou desenvolvidos em 2 (dois) ou mais Estados; de caráter militar, excetuando-se do licenciamento ambiental, nos termos de ato do Poder Executivo, aqueles previstos no preparo e emprego das Forças Armadas, conforme disposto na Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999; destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN); ou que atendam tipologia estabelecida por ato do Poder Executivo, a partir de proposição da Comissão Tripartite Nacional, assegurada a participação de um membro do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e considerados os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade ou empreendimento (IBAMA, 2007).

O processo de licenciamento ambiental tem início com o preenchimento da Ficha de Caracterização de Atividade (FCA). Esse documento é um formulário eletrônico de solicitação de licenciamento definido pelo IBAMA, visando a caracterização inicial do projeto, empreendimento ou atividade, que será avaliado pelo órgão ambiental.

Posteriormente, o empreendedor solicita o licenciamento ambiental, requerendo a licença por meio do preenchimento de formulário. O tipo de licença ou autorização a ser requerida, bem como o tipo de estudo a ser entregue pelo empreendedor, são definidos previamente pelo IBAMA no âmbito de cada processo de licenciamento, com base no estabelecido nas normativas legais relacionadas a cada tipologia de empreendimento.

De acordo com a Resolução Conama nº 237/97, as etapas do licenciamento ambiental federal ocorrem por meio da Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). A LP é concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação; a LI autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados; e a LO autoriza a operação da atividade (IBAMA, 2007).

Em seguida, há a emissão de Termo de Referência (TR), pelo IBAMA, com diretrizes para elaboração dos estudos ambientais. Os estudos a serem elaborados pelo empreendedor tem por objetivo subsidiar a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) que é a principal ferramenta de apoio a decisão do Ibama quanto ao deferimento ou indeferimento do requerimento da licença ou autorização (IBAMA, 2007).

Após a apresentação, pelo empreendedor, dos estudos ambientais, há a publicação do requerimento de Licença, conforme Resolução Conama nº 06/86, e, caso necessário, análise dos estudos ambientais complementares, com o último deferimento ou indeferimento da solicitação de licença.

Dos estudos ambientais que podem ser solicitados pelo IBAMA no processo de licenciamento ambiental estão: Relatório Ambiental Simplificado (RAS); Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais (RDPA); Relatório de Controle Ambiental (RCA); Projeto Básico Ambiental (PBA); Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD); Plano de Controle Ambiental (PCA); Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial (Pacuera); Relatório de Desempenho Ambiental do Empreendimento, e o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Durante esse processo administrativo, a Resolução Conama 237/97 prevê alguns requisitos básicos que devem ser observados. Entre eles, um importante instrumento é o da Audiência Pública, que visa o esclarecimento de possíveis falhas da futura atividade a ser instalada.

Segundo Schiavo e Bussinguer (2020), a Audiência Pública é o estágio do processo de Licenciamento Ambiental em que a sociedade pode alcançar explicações e esclarecimentos sobre as características e impactos da futura atividade e que são demonstradas por meio da apresentação do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). O RIMA se trata de um resumo em linguagem simplificada do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e deve ser elaborado pelo empreendedor (SCHIAVO e BUSSINGUER, 2020). Embora tenham finalidades diversas, EIA e RIMA são instrumentos complementares, e por isto são sempre citados em conjunto

No âmbito da gestão estadual, a apresentação do EIA/RIMA é regido pela Lei Estadual nº 1.356/88, a qual lista as atividades modificadoras do meio ambiente e que necessitam de licenciamento ambiental por meio de tal estudo. É importante ressaltar que o EIA/RIMA deve, a partir de um diagnóstico socioeconômico e ambiental (meios físico e biótico) de toda a área que será afetada, realizar um prognóstico das consequências do empreendimento e sugerir medidas, na forma de pré-projetos, com o objetivo de minimizar os impactos considerados negativos e maximizar aqueles considerados positivos.

2.4 A exploração mineral

Segundo Neto (2019), entende-se por mineração a extração e o beneficiamento de minerais, na condição de torná-los comercializáveis. A atividade mineradora abrange vários processos, como exploração, beneficiamento e processamento de recursos minerais, que passam a ser economicamente viáveis para o ser humano. A mineração abrange, portanto, o conjunto de atividades necessárias para obter um produto mineral bruto, um concentrado ou um aglomerado, destacando entre as atividades a lavra (extração e transporte) e o beneficiamento (britagem, moagem, classificação, concentração e/ou aglomeração) (MESQUITA, CARVALHO e OGANDO, 2016).

Neto (2019) também discorre sobre a mineração ser tratada como uma atividade temporária, visto que, diferentemente da agricultura e da indústria de transformação, que são operações que, teoricamente, podem perdurar indefinidamente no tempo, na mineração as reservas uma hora se exaurirão. Dessa forma, é essencial levar em consideração a dimensão das reservas, sua possível duração e analisar como comunidades que se desenvolveram baseadas na atividade mineradora superarão as dificuldades oriundas do fim da extração mineral (DE PAULA, 2002).

Os minerais são divididos em duas grandes categorias, sendo considerados como metálicos e não metálicos, e apresentam subdivisões. De acordo com Macedo (1998), os

minerais não metálicos são agrupados em: (i) rochas e minerais industriais, como por exemplo calcário, areia industrial, grafita e magnesita, cujas aplicações cobrem, por exemplo, a construção civil, agricultura, eletrônica, química e metalurgia; (ii) rochas ornamentais e de revestimento, como granito, mármore, ardósia e quartzo; (iii) materiais para construção civil, como areia, brita e argila; (iv) agro minerais, como o fosfato e o calcário agrícola; (v) minerais energéticos, como o carvão mineral; (vi) pedras preciosas e semipreciosas; e (vii) água mineral.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de minérios produzidos, por ano, no Brasil, durante o período de 2013 – 2017, bem como a posição do país no ranque mundial de produção de minérios.

Tabela 2: Produção de minerais no Brasil entre 2013 – 2017 e ranque mundial do país na produção dos minérios.

Classe	Mineral	2014	2015	2016	2017	Ranque
		Quantidade em Ton.				2017
Metais e Ligas de Ferro	Ferro	244754400	253660900	268183617	273695000	3°
	Cromo (Cr ₂ O ₃)	244622	179100	200000	200000	9°
	Cobalto	3865	2771	853	28	18°
	Manganês	1094000	1226458	1198709	1200000	5°
	Níquel	85600	89302	78626	87600	8°
	Nióbio (Nb ₂ O ₅)	88771	84189	72602	73000	1°
	Tântalo (Ta ₂ O ₅)	118	120	103	100	4°
	Titânio (TiO ₂)	46445	45330	46000	48000	17°
	Tungstênio (W-Content)	510	432	400	400	11°
	Vanádio (V ₂ O ₅ -Content)	1032	5810	7966	9297	4°
Metais	Alumínio	962000	772200	792700	801700	9°

Não-Ferrosos	Bauxita (Minério Bruto)	36308000	37057000	39244200	38122500	4°
	Berílio	17	100	125	75	4°
	Cadmio	200	200	200	180	16°
	Cobre	301197	359463	337628	384400	14°
	Índio	5	5	5	5	9°
	Lead (Chumbo)	10978	9441	9015	6959	29°
	Lítio (Li ₂ O)	452	308	533	560	8°
	Pedras (REO- content)	0	1625	2200	2000	4°
	Lata	25534	18824	15183	13900	6°
	Zinco	169766	156926	158197	156348	14°
	Minerais Industriais	Amianto	311227	232052	177800	129064
Barita		3389	3000	12133	9981	23°
Bentonita		405169	517607	500000	500000	8°
Diatomito		5080	5530	5000	5000	14°
Feldspato		417771	456308	460000	460000	13°
Flúor (Fluorspar)		23849	27351	27000	27000	10°
Grafite		87026	81762	85000	85000	2°
Gesso e Anidrita		3452969	3131294	2650000	2120000	17°
Caulino		2055000	1809000	2239508	1880000	7°
Magnesita		1432210	1621425	1600000	1600000	3°
Fosforados (P ₂ O ₅ - Content)		2521000	2167000	2012500	1705000	7°
Potássio (K ₂ O- Content)		311021	304018	300000	306296	13°

	Sal	7501051	7676015	7600000	7600000	9°
	Enxofre	540000	530000	530000	530000	26°
	Talco	535229	483611	500000	500000	4°
	Vermiculita	56444	54250	53330	50050	3°
	Zircon	23659	22647	22000	22000	13°
Minerais	Vapor de Carvão	4518466	3644350	3525735	3325439	20°
	Lignite	3417779	2709305	3480217	1488084	27°
Combustíveis	Petróleo	116813400	125806800	130144400	136052700	9°
	Urânio (U ₃ O ₈)	67	51	0	0	-
Classe	Mineral	2014	2015	2016	2017	Ranque 2017
Quantidade em m³						
Minerais	Gás Natural	24536	24862	25337	28663	29°
Combustíveis						
Classe	Mineral	2014	2015	2016	2017	Ranque 2017
Quantidade em Kg						
Metais	Ouro	81038	83127	94153	85000	14°
Preciosos	Prata	32300	42142	42300	46400	28°
Classe	Mineral	2014	2015	2016	2017	Ranque 2017
Quantidade em Quilates (Ct)						
Diamante	Diamante (gema)	18785	10503	60560	84115	14°
	Diamante (Ind)	38138	21323	122955	170780	9°

Fonte: O autor, adaptado de BMNT (2019).

Goldberg (2019) afirma que o Brasil possui 9.415 minas em regime de concessão de lavra, com apenas 2% podendo ser consideradas de grande porte, com capacidade de produzir acima de um milhão de toneladas por ano. Outros 11% são de médio porte e produzem entre cem mil e um milhão de toneladas. A maior parte, 87%, é formada por micro e pequenas lavras, com produção de até cem mil toneladas anuais de minério. O setor ainda conta com 1.820 lavras

garimpeiras, 13.250 empreendimentos licenciados para a extração de areia, cascalho e argila e 830 complexos de água mineral.

A mineração em 2019 representou aproximadamente 1,4% do PIB do Brasil (NETO, 2019), sendo que o setor emprega cerca de 195 mil trabalhadores. De acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM, 2019), o fator multiplicador da indústria extrativa mineral com a indústria de transformação mineral é de 1 para 3,6 postos de trabalho, ou seja, gera empregos para cerca de 703 mil trabalhadores indiretamente. Ao longo da cadeia industrial o fator multiplicador é de 1 para 11 postos de trabalho, gerando, de forma direta, indireta e induzida cerca de 2,1 milhões de empregos.

De acordo com Alves (2019), os maiores produtores de minério no Brasil, em termos de capacidade instalada, são as empresas da Vale e suas coligadas, seguida pela CSN, Anglo American, Mineração Usiminas (MUSA) e Gerdau Açominas, com uma Produção Mineral Brasileira (PMB) de R\$ 153,4 bilhões, contra um total nominal de R\$110,2 bilhões em 2018 (AGÊNCIA BRASIL, 2020).

Neto (2019) discorre sobre a produção mineral mundial, que somou em 2017 um total de 17,2 bilhões de toneladas métricas, com a China respondendo por 23,5% desse valor, seguida por EUA (11,5%), Rússia (9,2%) e Austrália (7,3%), totalizando 51,5% da produção mineral mundial, não citando qual é a colocação em que o Brasil se encontra na produção total. Em termos de concentrações continentais, a Ásia representa 57,9% da produção em 2017, seguida pelas Américas, que representam 20,8% da produção mundial, Europa (8,5%), Oceania (7%) e África (5,6%) (BMNT, 2019).

No Brasil, tanto em empresas quanto em produtos, a produção mineral mundial também é fortemente concentrada. De acordo com a BMNT (2019), grande parte dos minerais tem produção altamente concentrada em poucos países e isso pode ser justificado pelo fato da mineração depender de condições geofísicas que determinam o tipo de minério a ser extraído. Dessa forma, políticas públicas podem não ser capazes de alterar a estrutura de mercado dominante nesse setor, tampouco atrair companhias para seu território se não forem capazes de ofertar condições geofísicas suficientes para a exploração mineral. Em contrapartida, políticas também podem ser responsáveis por repelir a entrada de firmas no mercado, como, por exemplo, um marco regulatório ruim ou instável, atrapalhando o funcionamento desse mercado (NETO, 2019).

2.5 A legislação minerária

A história da mineração brasileira mostra vários fatos marcantes, com destaque para mudanças na regulação e planejamento do setor e alterações nas instituições de governo, sempre repercutindo o momento econômico do País, com impactos significativos no desenvolvimento das atividades do setor mineral.

No Brasil, ao contrário de alguns países com grande tradição minerária (como os Estados Unidos e o Canadá), nos quais os minerais pertencem ao proprietário do solo, a Constituição Federal de 1988 propõe, no art. 20, que os recursos minerais, incluindo os do subsolo, são bens da União, da mesma forma que as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos e as terras tradicionalmente ocupadas pelos índios (VIANA, 2015).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME, 2013), a evolução da legislação e das instituições relacionadas à mineração começou a ser marcada no final do século XIX e XX e início do século XXI. Em 1934, o Decreto nº 23.979, de 08 de março, cria o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), órgão governamental encarregado de gerir e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, zelando para que o aproveitamento dos recursos minerais seja realizado de forma racional, controlada e sustentável, resultando em benefício para toda a sociedade (MME, 2013).

Em 1938 foi criado o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), como órgão de assessoramento da Presidência da República na formulação de políticas para o setor mineral, visto que, até então, era livre a iniciativa de pesquisa e exploração de petróleo e gás natural (ocorreu a nacionalização do refino de petróleo e a regulação da importação e do transporte do material) (MME, 2013).

Nos anos posteriores foram criadas a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), algumas das maiores mineradoras do país até então (MME, 2013). Em 1967 foi descoberto minério de ferro na Serra dos Carajás pela CVRD, onde se concentra grande quantidade de manganês, cobre, ouro e níquel.

Ainda em 1967, há a regulamentação do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro, denominado de Código da Mineração, que veicula a administração dos recursos minerais pela União (Brasil), a indústria de produção mineral e a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais no Brasil (MME, 2013).

De acordo com Gonçalves e Lira (2012), o Código de Mineração não regulamentava o direito sobre todos os minerais. Segundo os autores, o próprio Código, por meio do artigo 10,

fazia a ressalva de substâncias minerais que fossem regidas por leis especiais, como as jazidas de substâncias minerais que constituem monopólio estatal, substâncias minerais ou fósseis de interesse arqueológico, os espécimes minerais ou fósseis destinados aos museus, águas minerais em asés de lavra e jazidas de água subterrâneas. O citado Código de Mineração ficou atribuído ao DNPM.

Em 1988, a Constituição, promulgada em 5 de outubro, extinguiu o IUM (Imposto Único sobre o Mineral) e instituiu o pagamento de uma compensação financeira pela exploração dos recursos minerais. O IUM insidiava uma vez sobre uma das seguintes operações: extração, tratamento, circulação, distribuição, exportação ou consumo de substâncias minerais do País. Seu campo de incidência cessava quando houvesse modificação essencial na identidade das substâncias minerais processadas. (MME, 2013).

Em 1992 é criado o Ministério de Minas e Energia (MME), com a missão institucional de formular e assegurar a execução de Políticas Públicas para a gestão sustentável dos recursos energéticos e minerais, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do País (MME, 2013).

Em 2011 é lançado o Plano Nacional de Mineração 2030 – PNM 2030, um planejamento estratégico de longo prazo para o setor. Segundo MME (2013), O PNM-2030 tem como base três diretrizes: governança pública, eficaz para promover o uso dos bens minerais extraídos no País no interesse nacional; agregação de valor e adensamento de conhecimento e sustentabilidade. Este é o primeiro Plano de Longo prazo que contempla a primeira etapa de industrialização dos minérios, a transformação mineral.

Em 2013, é enviado ao Congresso Nacional o Projeto de Lei que dispõe sobre a atividade de mineração, a participação no resultado da exploração de recursos minerais assegurada à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, nos termos do art. 20, § 1º, da Constituição Federal, e cria o Conselho Nacional de Política Mineral – CNPM e a Agência Nacional de Mineração – ANM (MME, 2013).

A Agência Nacional de Mineração - ANM que substitui o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, é uma autarquia federal sob regime especial, criada pela Lei número 13.575, de 26 de dezembro de 2017, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, dotada de personalidade jurídica de direito público com autonomia patrimonial, administrativa e financeira, tem sede e foro em Brasília, Distrito Federal, e circunscrição em todo o território nacional (Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2018).

Em 2018 foi publicado o Decreto nº 9.406, que regulamenta o Código de Mineração, Decreto-Lei nº 227/67, bem como as Leis nº 6.567/78 e nº 7.805/89, e parte da Lei nº 13.575/17

(AZEVEDO, 2018). Segundo o autor, o Decreto é parte do Programa de Revitalização do Setor Mineral, proposto pelo Governo, e busca atender a antigos anseios do setor de mineração, como estabelecimento de regras ambientais mais rígidas e a obrigatoriedade de fechamento de minas.

2.6 Mineração na Amazônia

A Amazônia é vislumbrada cada vez mais por empreendimentos que buscam se instalar na região. Tais empresas são, em grande maioria, mineradoras que trabalham com a extração de minérios, como manganês, bauxita, ferro, dentre outros (SOUZA e FILHO, 2018).

Segundo Monteiro (2005), o processo de valorização industrial de recursos minerais na Amazônia começou com a exploração das reservas de minério de manganês da Serra do Navio, localizadas no estado do Amapá. De acordo com o autor, esse processo ocorreu no final do período do governo de Getúlio Vargas e início da Constituição, promulgada em 1946 em substituição à Carta de 1937, inspirando princípios do liberalismo econômico e desenvolvimento no país. No entanto, essa Constituição não deixou claro, na época, que os bens minerais eram de propriedade nacional, estipulando apenas que a exploração de tais recursos poderia ser conferida exclusivamente a brasileiros ou a sociedades organizadas no país.

A valorização do minério de manganês da Serra do Navio permaneceu por aproximadamente duas décadas como a única extração mineral industrial significativa na Amazônia oriental brasileira (MONTEIRO, 2005). O Estado, então, a partir da convergência da geopolítica com a doutrina de segurança nacional, formulou uma doutrina de intervenção que tomou diretrizes específicas para a Amazônia. Era proibido “ocupar” a Amazônia, na visão dos principais segmentos dos governos militares (OLIVEIRA, 1994, p. 86), entretanto, fizeram a firme articulação de interesses privados e o estabelecimento de uma ampla política de incentivos fiscais e creditícios, na qual se enquadravam as grandes empresas minero-metalúrgicas.

O Governo Federal, com intuito de agilizar a implantação de projetos exportadores no país, lançou em 1974 o Programa de Polos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (Polamazônia) (BRASIL, 1974), prevendo a implantação de diversos “polos de desenvolvimento na Amazônia brasileira”, com destaque para a produção mineral, sendo alguns localizados em Carajás (Pará), Trombetas (Pará) e Amapá.

Em 1977, o primeiro empreendimento minerário começou suas atividades na margem esquerda do rio Jari, atual município de Laranjal do Jari (Amapá). Desde então, as instalações

da empresa sofreram sucessivas ampliações e, atualmente, a mineradora possui uma capacidade instalada para valorizar até um milhão de toneladas/ano de minério.

Também foi nos anos 1970 que se viabilizou a extração e a comercialização da bauxita metalúrgica na Amazônia, principalmente, pelas jazidas que haviam sido descobertas, ainda na década de 1960, nas proximidades do rio Trombetas, no Pará.

Segundo Monteiro (2005), nos próximos anos, assistiu-se à corrosão da base de sustentação do regime militar e seu declínio, acarretando em grande elevação no preço do ouro no mercado mundial. Este fato impulsionou a expansão da valorização do ouro na Amazônia, uma dinâmica que levou a vários embates e conflitos entre empresas mineradoras e garimpeiros, em diversas áreas da região.

Esse também foi um período no qual se alteram, no âmbito do Governo Federal, as concepções em relação às formas de impulsionar o desenvolvimento regional. Nos anos anteriores, a noção predominante indicava que a modernização da região se vinculava ao estabelecimento de polos de desenvolvimento na mesma. Entretanto, esta noção passou a não ser mais aceita a partir da concepção de que o fundamental para o desenvolvimento regional é o estabelecimento de “eixos estruturadores de integração nacional e internacional” (BRASIL, 1997), concebidos como alternativa para articular as diferentes regiões do Brasil entre si.

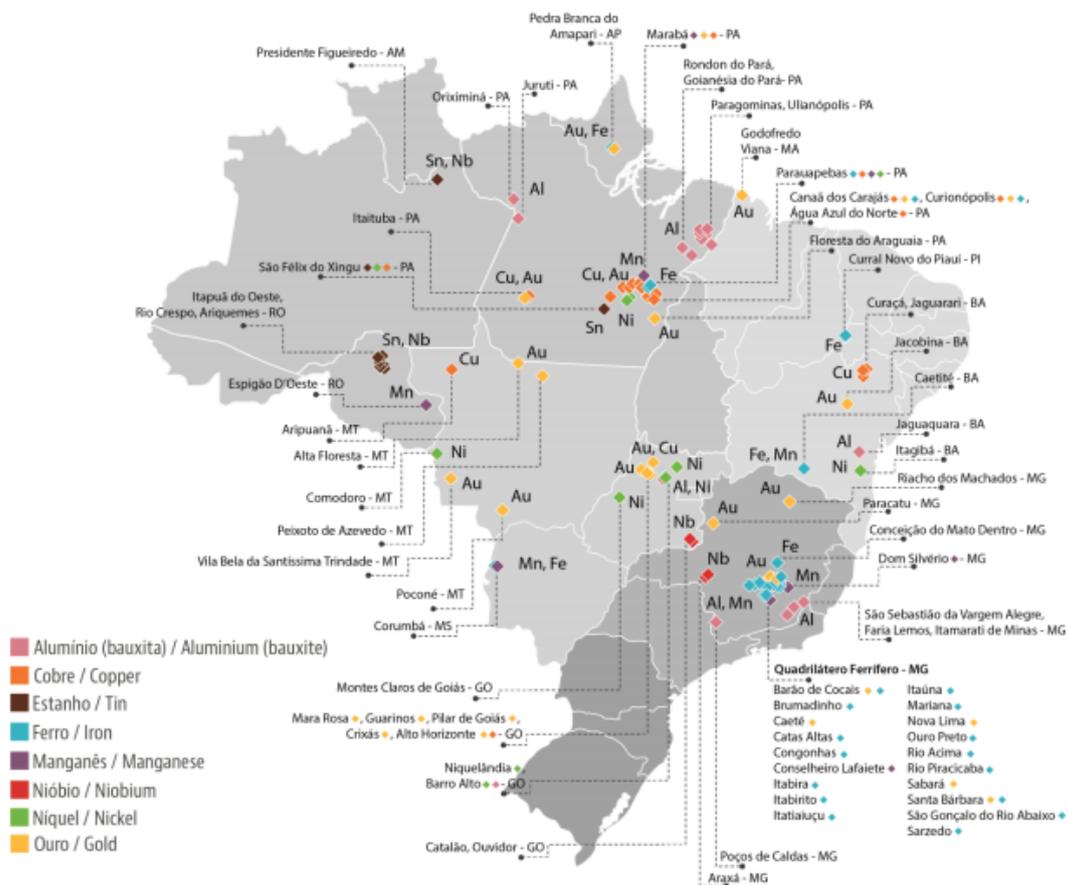
De acordo com Monteiro (2005), posteriormente, no período de 2003 a 2010, o governo indicou que um dos seus principais objetivos seria de “explorar, com afinco, os potenciais endógenos da magnificamente diversa base regional de desenvolvimento, em conformidade com os fundamentos sociais atuais de uma produção mais diversificada e sofisticada, mais portadora de valores sociais regionalmente constituídos”, ou seja, trata-se de uma referência que explicita o apoio, como mecanismo de desenvolvimento regional, àqueles agentes que têm a sua rivalidade baseada em vantagens competitivas e não àqueles agentes cuja estratégia de concorrência apoia-se na utilização tão somente de vantagens comparativas oriundas dos baixos custos para se acessar recursos naturais.

Todavia, em termos de ações concretas, a atuação do Governo Federal para a Amazônia não foi pautada, fundamentalmente, no que está exposto nos documentos, visto que uma análise das ações do Governo para a Amazônia indica que a lógica de sua atuação vincula-se, em grande medida, a uma estratégia expressa no Plano Plurianual 2004-2007, e que comporta ações que reforçam as lógicas vigentes nos períodos anteriores, de relacionamento entre o poder público e as empresas responsáveis pela mercantilização de bens de origem mineral (MONTEIRO, 2005).

Essas empresas, de acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração (2017), investiram mais de US\$ 24 bilhões entre 2012 e 2016 na mineração, visando aumentar a produção de minério de ferro, bauxita e outros metais encontrados na bacia do Amazonas. Vale destacar, que o país já recebe um quinto dos investimentos em mineração no mundo, e a Amazônia representa para muitos o maior potencial ainda inexplorado do país. "A Amazônia será a nossa Califórnia", disse Fernando Coura, presidente do IBRAM.

Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM – conhecido atualmente como Agência Nacional de Mineração – ANM – 2017), as principais substâncias metálicas mineradas na Amazônia são: alumínio, cobre, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel e ouro, agregando um valor de R\$71,9 bilhões de reais para o país, com valor da produção mineral cerca de 77% do valor da produção total. A Figura 5 apresenta as principais reservas de mineração, no ano de 2016, de acordo com o DNPM.

Figura 5: Principais reservas minerais no Brasil em 2016.



Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (2017).

Diante do frequente crescimento e da grande quantidade de empreendimentos minerários instalados na região no decorrer dos anos, evidenciam-se os impactos ambientais causados pelas mineradoras ao meio ambiente. Tais impactos são diversos e apresentam-se em diversas escalas: desde problemas locais específicos até alterações biológicas, geomorfológicas, hídricas e atmosféricas de grandes proporções.

Alguns dos principais impactos ambientais provenientes das mineradoras são: remoção da vegetação em todas as áreas de extração; poluição dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) pelos produtos químicos utilizados na extração de minérios; contaminação dos solos por elementos tóxicos; proliferação de processos erosivos, sobretudo em minas antigas ou desativadas que não foram reparadas pelas empresas mineradoras; sedimentação e poluição de rios pelo descarte indevido do material produzido não aproveitado (rochas, minerais e equipamentos danificados); poluição do ar, queimadas, mortandade de peixes em áreas de rios poluídos pelos elementos químicos oriundos de minas; evasão forçada de animais silvestres previamente existentes na área de extração mineral; poluição sonora gerada em ambientes e cidades localizados no entorno das instalações (embora a legislação vigente limite a extração mineral em áreas urbanas atualmente); contaminação de águas superficiais (doce e salgada) pelo vazamento direto dos minerais extraídos ou seus componentes, tais como o petróleo (MECHI e SANCHES, 2010).

Existem alguns registros no Brasil que demonstram os impactos ambientais provenientes da mineração. O rompimento da barragem de Fundão, por exemplo, em 5 de novembro de 2015, no município de Mariana (MG), pertencente a duas grandes corporações globais do setor mineral: a brasileira Vale S.A. e a anglo-australiana BHP Billiton (ESPINDOLA, NODARI e SANTOS, 2019). Denominar o rompimento e os eventos que se sucederam na Bacia Hidrográfica do Rio Doce de “desastre da Samarco/Vale/BHP” tem a clareza de determinar não apenas a autoria imediata, mas afirmar a coautoria técnica, administrativa e de governança empresarial das três empresas (POEMAS, 2015).

Quatro anos após, no dia 25 de janeiro de 2019, aconteceu o rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A., localizada no município de Brumadinho, em Belo Horizonte (MG). A barragem estava inativa desde 2015 e armazenava 12 milhões de metros cúbicos de lama de rejeitos da mineração de ferro (OLIVEIRA, ROHLFS e GARCIA, 2019).

No caso da barragem de Mariana, a lama percorreu um total de 663 quilômetros até chegar no mar, atingiu o Rio Doce, que abrange 230 municípios que têm seu leito como ferramenta de subsistência. Por outro lado, em Brumadinho, o volume de dejetos expelido foi

de cerca de 12 milhões de m³, afetando a qualidade da água dos rios ao redor e, em ambos os casos, pessoas morreram, milhares de moradores ficaram sem água, sem casa e sem trabalho (FREITAS *et al.*, 2019).

Dessa forma, busca-se evidenciar a importância dos processos minerários para o país e para a economia mundial, mas deixando claro como essas atividades minerárias podem ser danosas ao meio ambiente, uma vez que os impactos ambientais decorrentes causam enormes prejuízos ambientais, culturais, sociais, dentre outros. Deve-se, então, ter uma maior preocupação sobre as atividades de mineração, que estão sujeitas ao Licenciamento Ambiental e, em alguns casos, à Avaliação de Impactos Ambientais.

Para Chagas e Vasconcelos (2019), o licenciamento ambiental é um dos mais importantes instrumentos da política ambiental à disposição do Estado no Brasil, gerenciando os impactos das atividades econômicas sobre a natureza e as pessoas e encontrando suas principais diretrizes vinculadas às Resoluções CONAMA 001/1986, 237/1997 e à Lei Complementar nº 140/2011.

Para algumas atividades econômicas, que possuem impacto ambiental significativo, exige-se o licenciamento ambiental ancorado à Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), consubstanciada em procedimentos que devem considerar, prioritariamente, o processo de desenvolvimento, antes e depois da implantação da atividade, sem desconsiderar o conjunto de atividades econômicas preexistentes – impactos sinérgicos.

Por fim, o proposto trabalho visa levantar dados e analisar somente empreendimentos minerários com licenciamento ambiental, na região da Amazônia Legal. Contudo, existem aquelas mineradoras que realizam o processo minerário de maneira ilegal, executada sem a permissão necessária para o exercício da referida atividade.

O garimpo ilegal, além de configurar um delito ambiental previsto na Lei nº 9.605/98, também se desdobra no crime de usurpação mineral, em que são extraídos bens pertencentes à União (minérios) sem a devida permissão (RIBEIRO e IASBIK, 2019). Assim, é possível afirmar que o garimpo ilegal apresenta diversos reflexos no cotidiano, entre eles os danos ambientais.

2.7 Focos de queimadas na Amazônia Legal e suas contribuições para o efeito estufa e aquecimento global

De acordo com Ribeiro (2003), o fogo está entre as técnicas mais antigas desenvolvidas pelo ser humano. As queimadas são caracterizadas como antrópicas ou naturais e sua

intensidade depende do material a ser queimado (biomassa), de fatores ambientais como temperatura, umidade relativa do ar e vento e podem causar grandes danos ao meio ambiente e recursos naturais disponíveis na região.

Os focos podem ser utilizados como indutores agrícolas pelos proprietários rurais, o que pode contribuir para uma boa produção e fortalecimento das culturas. Entretanto, as queimadas, em sua maioria, são provenientes do desmatamento e corte de madeira das árvores, colheita (em canaviais por exemplo), vandalismo, balões de festas juninas e fogos de artifícios, disputa de posse de terra, dentre outros (RIBEIRO, 2003).

Considerando apenas o aspecto da retirada da vegetação original, as queimadas provocam a alteração no equilíbrio dos ecossistemas das mais distintas paisagens, uma vez que impactam diretamente na manutenção da fauna, na circulação de águas superficiais (rios) e subterrâneas (lençol freático), nas condições de temperatura e umidade, na liberação de vapor de água na atmosfera. Além disso, causam enormes prejuízos à biodiversidade, contribuem com gases poluentes para atmosfera, aumentam o número de doenças respiratórias, podem causar danos ao patrimônio público e privado, contribuem para o aquecimento global, diminuem a fertilidade do solo e intensificam a erosão nas áreas atingidas pelo fogo (RIBEIRO, 2003).

Vale ressaltar que as queimadas estão diretamente relacionadas com a poluição do ar. A emissão de diversos poluentes para a atmosfera é proveniente da combustão incompleta de materiais, o que gera o lançamento de diversos tipos de poluentes para o meio ambiente. As queimadas que acompanham o desmatamento determinam as quantidades de gases emitidas não somente da parte da biomassa que queima, mas também da parte que não queima (FEARNSIDE; BARBOSA; PEREIRA 2013).

A combustão é a reação de uma substância orgânica com o oxigênio (O_2) (comburente) presente na atmosfera, com liberação de energia. Sendo assim, a combustão incompleta pode liberar para a atmosfera gases poluentes como: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), carbono elementar (fuligem), óxido nitroso (N_2O), aerossóis, dentre outros. Se o processo de combustão completa fosse possível, ainda assim, seriam emitidos para atmosfera os gases CO_2 e H_2O , ambos importantes para o efeito estufa (RIBEIRO, 2003).

Os dados de queimadas na Amazônia, disponibilizados pelo INPE, repercutiram mundialmente por causa do aumento dos incêndios florestais a partir de 2019. De acordo com Eller (2020), o INPE registrou 89.178 incêndios na floresta em 2019, maior número desde 2017, sendo que agosto foi o pior mês do ano, com mais de 30 mil focos.

Além do INPE, a literatura vem apresentando muitos estudos científicos que apontam para o aumento do número de focos de queimadas no bioma amazônico. De acordo com

Fearnside (2002), O fogo na Amazônia brasileira é responsável pela emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa por vários processos distintos, incluindo a queimada de floresta nas áreas que estão sendo desmatadas para agricultura e pecuária, incêndios florestais e queimada de capoeiras, pastagens, e diferentes tipos de savanas.

Quando existe um balanço entre a energia solar incidente e a energia refletida na forma de calor pela superfície terrestre, o clima se mantém praticamente inalterado. Entretanto, o balanço de energia pode ser alterado de várias formas: (i) pela mudança na quantidade de energia que chega à superfície terrestre; (ii) pela mudança na órbita da Terra ou do próprio Sol; (iii) pela mudança na quantidade de energia que chega à superfície terrestre e também a que é refletida de volta ao espaço, devido à presença de nuvens ou de partículas na atmosfera (também chamadas de aerossóis, que resultam de queimadas, por exemplo); e, finalmente, (iv) graças à alteração na quantidade de energia de maiores comprimentos de onda refletida de volta ao espaço, devido às mudanças na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera (MMA, 2019).

De acordo com a WWF, com o aumento de GEE na atmosfera, por meio da constante queima de combustíveis fósseis e biomassa, tais como florestas, a camada de gases que cobre a superfície da terra, composta principalmente por CO₂, CH₄, N₂O e vapor d'água, tem ficado cada vez mais espessa, retendo mais calor na Terra, aumentando a temperatura da atmosfera terrestre e dos oceanos e ocasionando o aquecimento global. A Tabela 3 apresenta os gases que atuam no efeito estufa e o seu potencial de aquecimento global representado em anos.

Tabela 3: Principais gases de Efeito Estufa.

Espécies	Fórmula Química	Tempo de vida (anos)	Potencial de aquecimento global (horizonte de tempo)		
			20 anos	100 anos	500 anos
Dióxido de Carbono	CO ₂	Variável	1	1	1
Metano	CH ₄	12±3	56	21	6.5
Óxido Nitroso	N ₂ O	120	280	310	170
Ozônio	O ₃	0,1 – 0,3	n.d.	n.d.	n.d.

Fonte: O autor, adaptado de IPCC.

Segundo Melo (2011), os impactos das queimadas são destacados em questões que envolvem até mudanças climáticas, sobretudo na intensificação do Aquecimento Global (AG).

A queima de biomassa desempenha um papel importante nas emissões globais de carbono e outros gases-traços (ANDREAE *et al.*, 1996a, b; CRUTZEN E ANDREAE, 1990).

Para se comparar as emissões de diferentes gases do efeito estufa utiliza-se o CO₂ equivalente que, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, faz essa comparação baseada no potencial de aquecimento global de cada gás. No Brasil, as queimadas são responsáveis por cerca de 60-70% das emissões de CO₂ equivalente (CO₂e) para a atmosfera, ou seja, é a principal fonte emissora. De acordo com o SEEG (2019), no período de 1990 – 2018, por exemplo, foram emitidas mais de 65 bilhões de toneladas de CO₂e na atmosfera.

2.8 Diferença entre queimadas e incêndios florestais

Existe uma enorme diferença entre os conceitos de incêndios florestais e queimadas naturais. Ecologicamente falando, as queimadas naturais têm o papel de ciclar nutrientes na natureza, o material particulado emitido poderá se depositar na forma de cinza e minerais em outras regiões. No entanto, isto é incomum de acontecer em biomas como a Amazônia, que abrange espécies que não são adaptadas ao fogo.

De forma geral, as queimadas são práticas agropastoris ou florestais que utilizam o fogo para viabilizar a agricultura ou renovar as pastagens, necessitando de autorização pelo Ibama para que seja realizada. Ela também deve ser feita em condições controladas, permitindo que o fogo se mantenha confinado à área determinada. Já os incêndios florestais ocorrem quando o fogo, sem controle, destrói várias áreas consumindo a vegetação, podendo tanto ser provocado pelo homem, quanto por causa natural, como as descargas atmosféricas (GREENPEACE, 2018).

De acordo com Fonseca-Morello *et al.* (2017), as causas de fundo das queimadas e dos incêndios na Amazônia são as relações sociais que conformam uma organização econômica em que o fogo tem papel crucial enquanto meio de produção. O que demonstra a importância de políticas de controle e fiscalização para que o número de focos seja controlado e reduzido, diminuindo a perda vegetal e controlando a poluição atmosférica.

Segundo Fonseca-Morello *et al.* (2017), a política de prevenção e controle de incêndios florestais é planejada e implementada pelos três níveis de governo. No nível federal há: (i) o Sistema Nacional de Prevenção e Controle de Incêndios Florestais (PREVFOGO), um Centro Especializado do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e; (ii) o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Já os governos estaduais e municipais atuam geralmente por meio dos corpos de bombeiros estaduais,

de secretarias e órgãos de meio ambiente. Nas terras de propriedade das unidades da federação (i.e., dos estados), as ações são conduzidas pelos governos estaduais, muitas vezes, organizados em Comitês Estaduais de Prevenção e Controle de Incêndios. No nível municipal a responsabilidade recai sobre as prefeituras, as quais geralmente contam com o apoio dos governos estaduais (PREVFOGO, 2015).

Mesmo com as políticas de prevenção e o controle de incêndios florestais, percebem-se limitações para o desenvolvimento dessas atividades. Algumas limitações levantadas por Fonseca-Morello *et al.* (2017) são: alocação orçamentária, as limitações geográficas, barreiras ao licenciamento e à fiscalização da queimada controlada e o apoio limitado das comunidades.

Dessa forma, a fiscalização de incêndios florestais é dificultada, contribuindo ainda mais com os grandes prejuízos que podem causar. Com a maior quantidade de incêndios acontecendo, maior será a emissão de gases para a atmosfera, contribuindo para o efeito estufa e aquecimento global.

De acordo com Fearnside (2002), fazendeiros, por exemplo, requeimam as pastagens em intervalos de 2-3 anos para combater a invasão de vegetação lenhosa não-comestível. Quando essas requeimas acontecem, os troncos sobre o chão são frequentemente queimados. Pode-se esperar que algum carvão resultante de queimadas anteriores também sofra combustão, aumentando a taxa de poluentes emitidos para a atmosfera.

Essas queimas, causadas por fazendeiros em suas terras, podem se expandir e se tornarem enormes incêndios florestais, que representam uma grande fonte adicional de emissões de gases de efeito estufa. De acordo com o Ministério do Meio ambiente (MMA, 2018), o efeito estufa é um fenômeno natural e possibilita a vida humana na Terra, visto que parte da energia solar que chega ao planeta é refletida diretamente de volta ao espaço, ao atingir o topo da atmosfera terrestre e parte é absorvida pelos oceanos e pela superfície da Terra, promovendo o seu aquecimento. Uma parcela desse calor é irradiada de volta ao espaço, mas é bloqueada pela presença de gases de efeito estufa que, apesar de deixarem passar a energia vinda do Sol (emitida em comprimentos de onda menores), são opacos à radiação terrestre, emitida em maiores comprimentos de onda. Essa diferença nos comprimentos de onda se deve às diferenças nas temperaturas do Sol e da superfície terrestre.

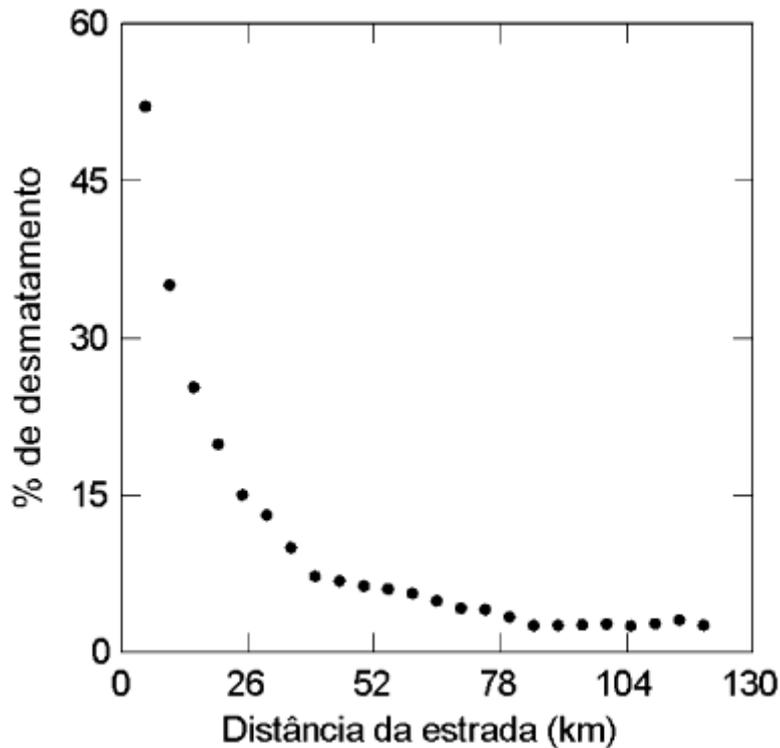
2.9 Relação entre queimadas e infraestruturas de transporte

Segundo Ferreira, Venticinqu e Almeida (2005), as questões mais urgentes em termos de conservação e uso dos recursos naturais da Amazônia dizem respeito à perda em grande escala de funções críticas da Amazônia frente ao avanço do desmatamento ligado às políticas de desenvolvimento na região, tais como especulação de terra ao longo das estradas, desmatamento para construção de rodovias, crescimento das cidades, aumento dramático da pecuária bovina, exploração madeireira e agricultura familiar.

Pfaff *et al.* (2009) mostram que estradas e rodovias aumentam o acesso à floresta e a elas segue-se o desmatamento com impactos ecológicos, uma vez que fornece habitat adequado para algumas espécies, mas reduz e fragmenta outros habitats, degrada riachos e a qualidade da água, fomenta a propagação de espécies exóticas invasivas, o que causa a mortalidade da vida silvestre e a perda de espécies, mudança do clima local por causa de maior incidência solar nos locais sem vegetação e processos de consequência antrópica que podem vir a acontecer, como, por exemplo, as queimadas.

O processo de desmatamento normalmente começa com a abertura oficial ou clandestina de estradas que permitem a expansão humana e a ocupação irregular de terras à exploração predatória de madeiras nobres (FERREIRA, VENTICINQUE e ALMEIDA, 2005). Para Ferreira (2001), a proporção do desmatamento em função da distância das estradas na Amazônia legal tem, normalmente, padrões exponenciais, ou seja, grande proporção de desmatamento próximo às estradas, como é mostrado na Figura 6.

Figura 6: Proporção de desmatamento em função da distância da estrada na Amazônia legal.



Fonte: Ferreira (2001).

De acordo com a Figura 6, pode-se perceber que a porcentagem de desmatamento é expressivamente maior em pequenas distâncias das estradas do que se comparadas com as mais longes.

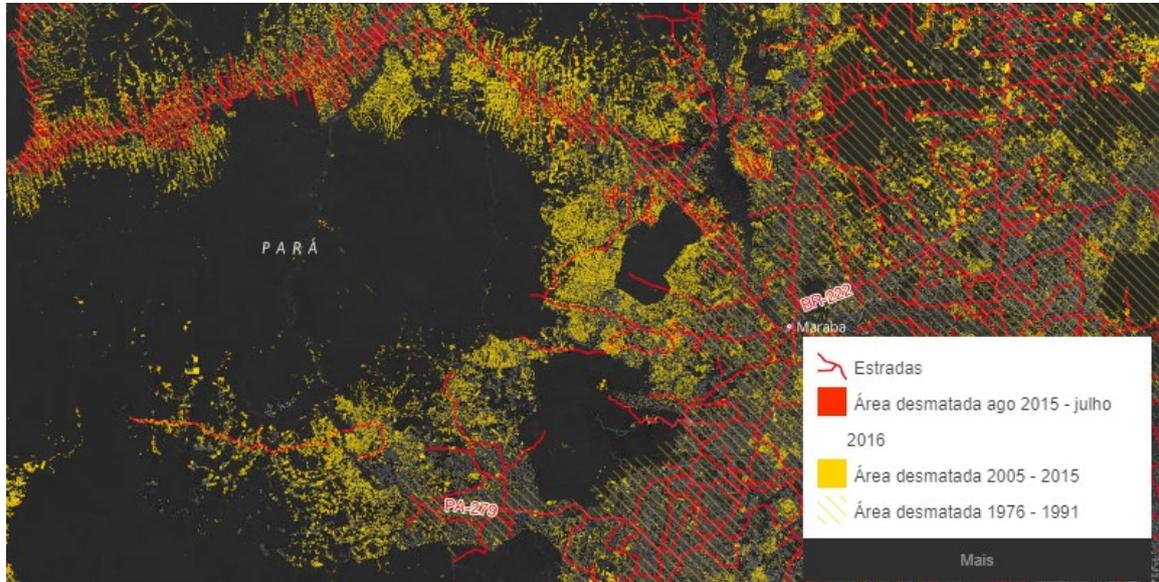
A pavimentação e a construção de estradas atuam drasticamente no desmatamento da Amazônia. De acordo com Soares-Filho (2005), o impacto do asfaltamento de estradas nas mudanças de cobertura do solo, nos movimentos migratórios e no bem-estar das sociedades que vivem nessas regiões dependerá da efetividade de esforços em conservação e ordenamento territorial levados a cabo, o que na maioria das vezes não ocorre.

O desmatamento cresce diariamente em grande escala, interferindo e contribuindo com o aquecimento global, que, por sua vez, interfere na vida de todas as pessoas. As causas do desmatamento são, principalmente, a exploração de madeira, ou seja, o corte de árvores para serem comercializadas, e o avanço da agropecuária em regiões de florestas nativas (GREENPEACE, 2017).

De acordo com Manzano (2019), as queimadas na Amazônia têm relação direta com o desmatamento, visto que o fogo é parte da estratégia de "limpeza" do solo para ser usado na pecuária, plantio ou abertura de estradas e rodovias. Segundo o autor, este é o chamado "ciclo

de desmatamento da Amazônia". A Figura 7 mostra as áreas desmatadas, em cor amarelo, localizadas ao longo de estradas e rodovias no estado do Pará, pertencente à Amazônia Legal.

Figura 7: Relação entre áreas desmatadas e estradas no Pará.



Fonte: Santini (2016).

A relação entre a abertura de estradas e desmatamento na Amazônia brasileira é conhecida desde a abertura da BR-230, a Transamazônica, estrada inaugurada na década de 1970. A rota, que corta na horizontal a floresta tornou-se, nas décadas seguintes, caminho para a devastação de largas áreas até então intocadas (SANTINI, 2016). A conexão entre novas estradas cortando a floresta e devastação com fogo para abertura de pastos, e/ou extração de madeira não é novidade, ocorrendo muitas vezes de forma clandestina.

Ainda de acordo com Santini (2016), 72% das estradas localizadas na Amazônia brasileira são de origem clandestina, enquanto somente 28% são oficiais. Esse estudo identificou que, além dos 73.553 km de estradas oficiais que estão contabilizadas no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, existem ainda mais de 190.506 km de estradas que são de origem não legal.

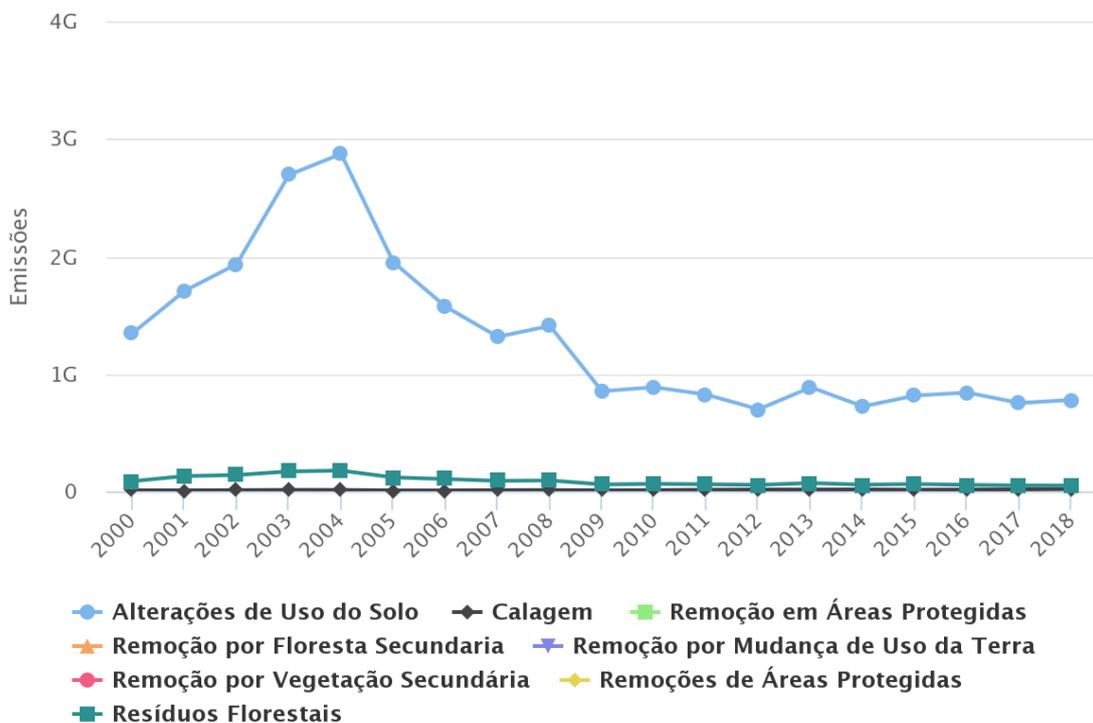
Segundo Barber, Cochrane, Souza e Laurance (2014), nos trópicos estão localizadas as principais estradas que abrem áreas de floresta para construção de rodovias e extração de recursos, sendo que na Amazônia verificou-se que a maioria do desmatamento ocorre nas proximidades das principais estradas. O acesso para a construção dessas estradas também ocorre pelos rios, que fornecem outro modo potencial de acesso às regiões de mata fechada.

2.10 Relação entre uso da terra e as mudanças climáticas mundiais

De acordo com o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2019), as mudanças no uso da terra e nas florestas (onde estão contidos os dados de desmatamento e queimadas) correspondem com emissão de, aproximadamente, 50% dos gases do efeito estufa (GEE) no Brasil. No período de 1990 – 2018, foram emitidas mais de 37 bilhões de toneladas de CO₂e para a atmosfera.

Dentre as principais emissões estão alterações no uso do solo, calagem, remoção em áreas protegidas, remoção por floresta secundária, remoção por mudança de uso da terra, remoção por vegetação secundária, remoção de áreas protegidas e resíduos florestais. A Figura 8 mostra a quantidade de GEE emitidos durante o período 2000 - 2018, apresentando os diversos tipos de emissões no Brasil, sendo possível verificar que as alterações no uso do solo são as ações que mais contribuem para a emissão de GEE no Brasil (as outras ações não são representadas na Figura 8 pois possuem porcentagem muito pequena quando comparadas com ação e uso do solo, ou seja, a escala do mapa disponibilizado pelo SEEG não mostra esses valores).

Figura 8: Emissões de GEE no Brasil no período de 2000 – 2018.



Fonte: Plataforma SEEG.

De acordo com Khanna *et al.* (2017), mais de 20% da floresta amazônica, por exemplo, foi desmatada nas últimas três décadas, provocando importantes mudanças hidro-climáticas no planeta. Estima-se que as atividades humanas tenham causado o aumento de 1,0°C na temperatura do planeta, com uma variação provável de 0,8°C a 1,2°C, sendo que, é provável, o aquecimento global atinja 1,5°C entre 2030 e 2052, caso continue a aumentar no ritmo atual (IPCC, 2019).

Os aerossóis atmosféricos são exemplos de partículas que influenciam diretamente nesse aumento de temperatura no planeta. Eles influenciam fortemente o balanço radiativo da atmosfera e o clima, a química da atmosfera, visibilidade e a saúde das pessoas expostas às altas concentrações de partículas, desde a escala local até as escalas regional e global (ARTAXO, 2006).

Segundo Martins *et al.* (2010), Paixão (2011) e Steidle Neto e Lopes (2018), os aerossóis são partículas suspensas, constituídas por poeira do solo, fuligem da queima de biomassa, cinzas vulcânicas, sal marinho, material biogênico (pólen, esporos de fungos, resíduos de folhas), dentre outros, podendo ser sólidas ou líquidas e com dimensões inferiores a 100 µm.

Esses aerossóis podem ser categorizados como primários ou secundários, atendendo à sua origem e processos de formação. De acordo com Alves (2005), as partículas primárias podem ser emitidas por fontes naturais ou antrópicas, abrangendo os processos de combustão, as erupções vulcânicas, as queimadas nas florestais, dentre outros. Já os secundários são provenientes de mecanismos de nucleação e condensação de produtos gasosos.

Essas partículas são importantes, pois interferem no balanço de radiação solar, afetam o ciclo hidrológico, modificando propriedades dos núcleos de condensação de nuvens e causando a supressão da precipitação, e atuam no aquecimento global.

O material particulado lançado na atmosfera (aerossol, MP) pode impactar diretamente o balanço radiativo entre a atmosfera e a biosfera por meio da absorção e espalhamento da radiação solar. De acordo com Palácios (2017), o MP interfere no efeito direto de absorção e espalhamento da radiação na superfície da terra, impactando tanto o fluxo de radiação que incide como o fluxo de radiação ascendente no topo da atmosfera.

3. METODOLOGIA

3.1 Levantamento das mineradoras

O levantamento das mineradoras seguiu alguns critérios de seleção. Inicialmente, foi feita uma listagem de todos os empreendimentos minerários presentes no banco de dados do IBAMA, utilizando-se os termos “mineração” e o nome de cada estado que faz parte da Amazônia Legal, sendo encontrados 35 mineradoras no total. A consulta foi feita por meio do link <https://servicos.ibama.gov.br/licenciamento/consulta_empresendimentos.php> no dia 24 de abril de 2020. A verificação do status das licenças ambientais, de todos os empreendimentos foi realizada no dia 30 de julho de 2020.

Este estudo tem foco em analisar mineradoras licenciadas, por possuírem documentação legal disponível e maior facilidade de obtenção e acesso à documentação dos empreendimentos. A mineração não licenciada não foi estudada no presente trabalho.

Em seguida, destes 35 empreendimentos, foram selecionados aqueles que possuem licença de operação vigente (de acordo com o site do IBAMA) para que fosse possível cruzar essas informações com as quantidades de queimadas no entorno da mineradora antes e depois de sua operação. Com isso, é possível verificar se houve ou não aumento durante e após a sua instalação como também ao longo do tempo de funcionamento do empreendimento.

Posteriormente, foram escolhidas aquelas mineradoras que possuem sua localização disponível (latitude e longitude). Dessa forma, por meio do aplicativo Google Earth Pro foi possível conferir a existência daquele empreendimento no mapa e traçar os polígonos contendo suas áreas de influência. Ou seja, para se enquadrarem nos critérios propostos os empreendimentos devem: i) estarem dentro do domínio da Amazônia Legal, ii) ter licença de operação emitida no site do IBAMA, iii) localização disponível no banco de dados do IBAMA e iv) apresentar EIA/RIMA no banco de dados do IBAMA.

3.2 Obtenção de dados

Os dados de focos de queimadas foram obtidos pelo Programa Queimadas do INPE (<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>). Nesta base de dados é possível realizar o download dos pontos georreferenciados que representam os focos de queimadas na Amazônia Legal entre os anos 2000 e 2019.

O INPE realiza o monitoramento dos focos de queimadas no país desde 1986. O sistema foi aperfeiçoado em 1998 após a criação de um programa no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para controlar as queimadas no país. Dessa forma, para a obtenção dos dados, os nove satélites do INPE possuem sensores ópticos (operando em uma faixa termal média de $4\mu\text{m}$).

Os dados são recebidos diariamente pelo satélite de referência Aqua (Tarde), localizado nas órbitas Polar e Heliossíncrona (705 km de altitude). Com lançamento em 2002, o satélite é de responsabilidade da NASA (National Aeronautics and Space Administration) e conta com o sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) para obter as imagens.

Segundo Justice *et al.* (2002), o sensor MODIS foi projetado para analisar a atmosfera, oceano e terra, com bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para estes objetivos. Esse sensor possui um alcance espectral que varia de 0,4 a $1,44\ \mu\text{m}$ (micrômetro), com o comprimento de onda no infravermelho, ou seja, o MODIS capta imagens por uma onda eletromagnética de frequência menor que a luz visível, mais precisamente radiação térmica emitida pelos corpos que se encontram em temperatura ambiente (LATORRE, 2003).

Existem algumas dificuldades de medidas por esse satélite. Segundo Braga (2013), as imagens de satélites, antes de serem disponibilizadas para download, são georreferenciadas e corrigidas de efeitos atmosféricos, tais como nuvens, aerossóis, entre outros. Essa correção geométrica é necessária para remover as distorções introduzidas pela geometria de detecção do instrumento, a curvatura da Terra, o relevo da superfície e as perturbações no movimento do sensor em relação à superfície (WOLF *et al.*, 2002), o que contribui para se ter uma maior confiabilidade nos dados analisados.

De acordo com o INPE (2016), um foco precisa ter pelo menos 30 metros de extensão por 1 metro de largura para que o MODIS possa detectá-lo, sendo que um foco indica a existência de fogo em um pixel de imagem. Neste pixel pode haver uma ou várias queimadas distintas. Se uma queimada for muito extensa, ela será detectada também nos pixels vizinhos àquele, ou seja, vários focos estarão associados a uma só queimada. Neste contexto, o número produzido é um indicador, e não uma medida absoluta.

Os arquivos em formato vetorial (shapefile) que armazenam a posição, forma e atributos de feições geográficas, de rodovias, ferrovias, cursos d'água e do mapa do Brasil serão obtidos a partir do banco de dados do Banco de Informações de Transportes (BIT) e do banco de dados do Forest Gis, que contém um acervo de shapes de diversos tipos de fonte de dados, e serão utilizados nos mapas anuais das mineradoras. Por fim, o Sistema de Coordenadas Geográficas

utilizado será o Datum SIRGAS 2000, a escala adotada para os mapas é de 1:500.000 e série temporal do período 2000 – 2019.

Também foi utilizado o mapa de uso e ocupação do solo, obtido no site do IBGE, para verificar qual atividade é realizada na área onde as mineradoras se localizam. Esses tipos de mapa têm grande importância por demonstrarem, a partir da interpretação de imagens de satélites, as áreas ocupadas por pastagem, agricultura, vegetação natural nativa, cursos de rios e outras feições.

No presente trabalho, esse mapa foi comparado visualmente com a localização geográfica de cada empreendimento e, posteriormente, com os mapas desenvolvidos no presente projeto.

3.3 Análise dos EIA

As distâncias e medidas de Área Diretamente Afetada (ADA) e Área de Influência Direta (AID) foram obtidas a partir dos EIA/RIMAs de cada empreendimento, ou seja, os valores adotados neste estudo foram os mesmos propostos nos estudos de cada mineradora. A partir destes documentos foi possível verificar a localização dos empreendimentos no mapa, e além disso, se ocorreram estudos prevendo a ocorrência de queimadas como possíveis impactos ambientais da instalação e operação das mineradoras na Amazônia Legal e, caso ocorresse, quais seriam as medidas de mitigação destes focos.

A relação entre mineradoras e queimadas também foi verificada a partir da busca por palavras-chaves nos EIA de cada empreendimento, verificando o que cada documento prevê com relação às queimadas em duas ADA e AID. Foi feita a verificação da distribuição de queimadas anualmente para cada empreendimento, com a contagem e sobreposição dos mapas das áreas, verificando se houve aumento ou não nas ADA e AID para cada mineradora

3.4 Processamento dos dados espaciais

O processamento dos dados foi feito utilizando os programas Google Earth Pro, QGis e Microsoft Excel.

No Google Earth Pro foram desenvolvidos os mapas com a identificação de cada mineradora e suas áreas de influência que se enquadram no estudo. As coordenadas geográficas de cada empreendimento foram obtidas no banco de dados do IBAMA e, com isso, suas respectivas latitude e longitude foram adicionadas no Google Earth Pro para a marcação de um

ponto que representa a mineradora. As áreas de influência foram delimitadas com polígonos, traçadas também no Google Earth Pro, com base no que é disponibilizado e descrito no EIA de cada mineradora.

Em seguida, foram feitos os mapas com localização dos focos de queimadas de cada ano de estudo e outro mapa contendo a quantidade acumulada de focos de queimadas de todos os anos em um único mapa. Os dados de focos de queimadas, obtidos pelo banco de dados do INPE, são anuais, para todo o período 2000-2019, e são registrados pelo sensor MODIS, a bordo do satélite de referência AQUA.

Os dados de focos de queimadas foram inseridos no QGis juntamente com os pontos das mineradoras, ADA e AID traçados no Google Earth Pro. Além disso, os mapas também contam com uma base do mapa do Brasil, para localizar a região de estudo, e com shapes (obtidos a partir do banco de dados do Banco de Informações de Transportes – BIT - e do banco de dados do Forest Gis) de cursos d'água, rodovias e ferrovias que são encontrados perto de cada empreendimento, de forma que seja feita a análise de toda área no entorno de cada mineradora. Com a inserção de todos esses dados no QGis foi possível realizar a confecção dos mapas para posterior análise.

3.5 Estudo de raios de influência

Visando uma análise comparativa entre os empreendimentos estudados em relação ao número de focos de queimadas em função de sua distância em relação ao centro de cada empreendimento, foi proposta uma segunda metodologia envolvendo raios de influência, em forma de faixas circulares concêntricas, no entorno das mineradoras.

Para facilitar a análise, os raios foram distribuídos em volta dos empreendimentos em uma sequência de 10 em 10 km, ou seja, o primeiro raio contemplará a área de 10 km no entorno da mineradora, o segundo em 20 km, o terceiro em 30 km, e assim por diante, até abranger toda a AID dos empreendimentos e sem acumular com o raio anterior. O valor de 10 km para os raios foi determinado por ser uma distância intermediária para os empreendimentos, não sendo necessário a delimitação de muitos ou poucos raios. É válido ressaltar que a quantidade de focos encontrada não foi cumulativa, assim, as queimadas encontradas em cada faixa não foram novamente contadas nos raios posteriores. Por exemplo, o número de focos reportados no raio de 20 km, contemplam apenas as queimadas de 10 a 20 km.

O centro dos raios foi definido no ponto de latitude e longitude disponibilizado no EIA/RIMA de cada empreendimento (nos mapas é apresentado como um triângulo colorido).

O empreendimento com maior área de AID determinou o raio máximo da análise, sendo que este valor máximo será o mesmo para todos os empreendimentos.

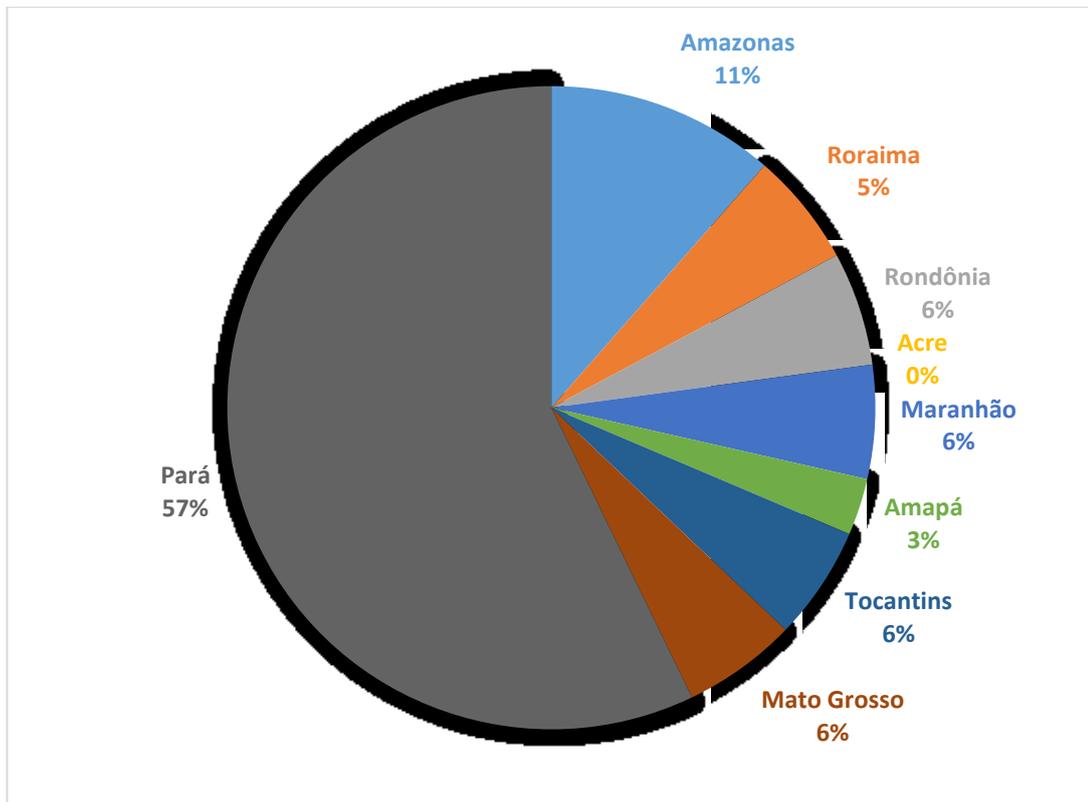
A partir dessa metodologia será possível verificar a ocorrência de focos de queimadas com relação à distância do centro do empreendimento, no período estudado, no entorno de todas as mineradoras. Com isso, será realizada uma comparação que não terá variação de acordo com o tamanho das ADA e AID de cada empreendimento, mas todos serão analisados pelas mesmas dimensões. Estas análises foram realizadas no software QGis 3.16.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Levantamento das mineradoras e seus estudos

No banco de dados do IBAMA foram encontrados 35 empreendimentos minerários que estão localizados nos limites da Amazônia Legal. De acordo com a Figura 9, foi possível verificar que o estado com mais mineradoras é o Pará, com aproximadamente 57% dos empreendimentos com licença ambiental federal. Por outro lado, o Acre não possui nenhum empreendimento.

Figura 9: Distribuição por estado das mineradoras, localizadas na Amazônia Legal, com processo de licença ambiental no âmbito federal em andamento até 2019.



Fonte: O Autor.

É válido ressaltar que estes empreendimentos estão em fases diferentes do processo de licenciamento ambiental. Das 35, cerca de 19 mineradoras se encontram na sua fase de operação e o restante estão nas fases de envio do termo de referência ao órgão ambiental ou obtenção das licenças prévia, de instalação ou de operação. Destes 19 empreendimentos que já estão operando, somente 9 disponibilizaram sua latitude e longitude no site do IBAMA e, por fim,

somente 5 mineradoras possuírem o EIA/RIMA disponibilizado no site do IBAMA. Os empreendimentos que não se enquadraram nos requisitos necessários para a realização do estudo, não foram analisados nas próximas fases. As mineradoras selecionadas são mostradas na Tabela 4. Utilizou-se como referência os anos de emissão das diversas licenças ambientais (prévia, de instalação e de operação) conforme a Tabela 5.

Tabela 4: Lista de mineradoras utilizadas para realização do presente trabalho.

Projeto	Localização	Sigla no presente trabalho
Projeto Ferro Carajás S11D	6°24'26.71"S; 50°19'33.92"O	M01
Estudo Global - Plano de Ampliações de N4 e N5 (Ferro Carajás)	6°3'16.52"S; 50°10'38.61"O	M02
Mineração de Bauxita Seis Platôs	1°27'45.5"S; 5°6'22"42.9"O	M03
Projeto Alemão - Extração e Beneficiamento de Minérios de Cobre e Ouro	6°1'45"S; 50°34'10"O	M04
Projeto Cobre Salobo	5°47'42.97"S; 50°31'50.31"O	M05

Fonte: O autor.

Tabela 5: Relação das mineradoras estudadas e anos de obtenção de suas respectivas licenças ambientais.

Mineradora	L.P.	L.I.	L.O.
M01	2012	2013	2016
M02	2014	2014	2015
M03	Este empreendimento se divide em vários processos de licenciamento ambiental, com as licenças obtidas em vários anos diferentes, apresentadas no tópico 4.2.2		
M04	2013	Não foi disponibilizado pelo EIA/RIMA	
M05	Antes de 2000	2006	2012

Fonte: O Autor.

As cinco mineradoras possuem lavra a céu aberto, ou seja, extraem os minérios que se encontram em menores profundidades, explorando até o seu esgotamento. De acordo com os EIA/RIMA dos empreendimentos, não foram construídas novas rodovias para transporte da sua produção e, em alguns casos, foram construídas novas estradas de terras menores, mas que são dificilmente visíveis nas imagens de satélite, não possuindo informações suficientes para a confecção dos mapas.

Todos os empreendimentos que se enquadram nos requisitos estão localizados no estado do Pará, conforme a Figura 10. Isso diminui a abrangência do trabalho, visto que o intuito inicial era avaliar indústrias minerárias em toda a Amazônia Legal e somente 5 foram selecionadas.

Além da disponibilidade dos minérios no solo, não foram encontrados outros estudos que apontem porque o Pará é o estado que domina as taxas mineração na região da floresta. Algumas hipóteses, além da quantidade de minérios, são a relação ao acesso as áreas, incentivos de implementação naquela região e/ou relação com o arco do desmatamento da Amazônia Legal.

Figura 10: Localização das mineradoras analisadas neste estudo.



Fonte: Google Earth Pro.

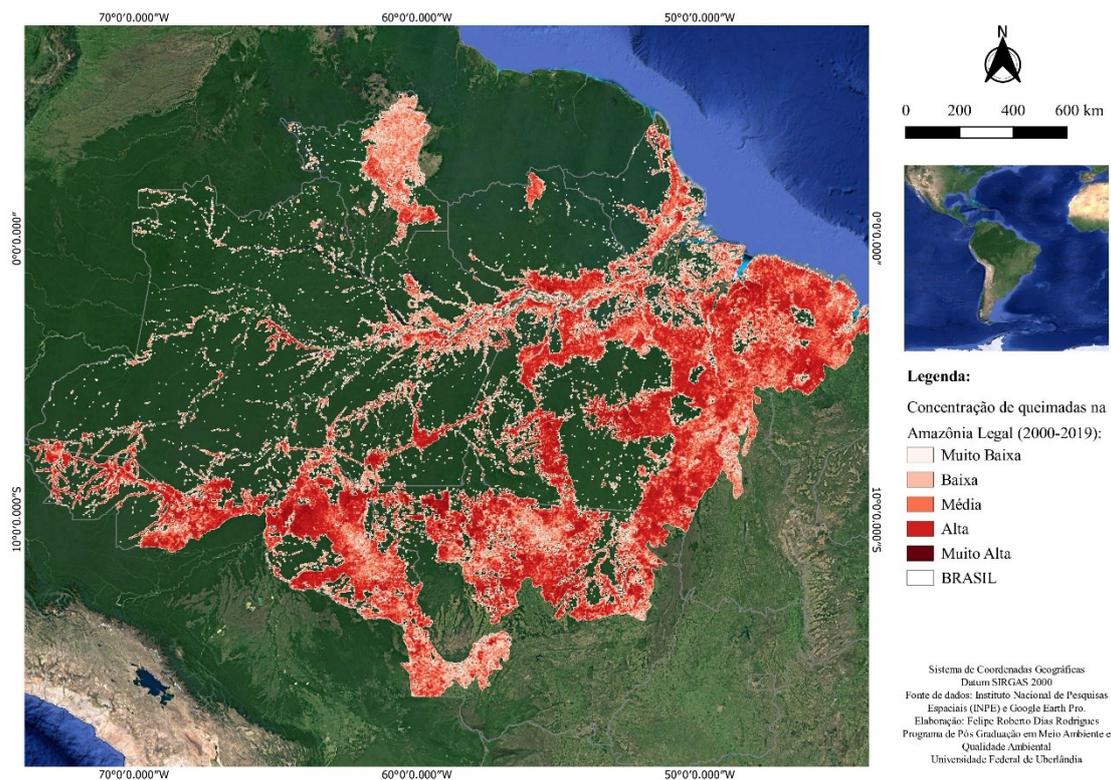
Verificou-se uma carência de informações disponíveis nos documentos presentes no site do IBAMA. Algumas informações básicas sobre empreendimentos, como localização, estudos ambientais realizados e, até mesmo, em que fase se encontra o processo de licenciamento ambiental, estão em falta e deveriam estar disponíveis para a consulta pública da população.

4.2 Focos de Queimadas

A Figura 11 apresenta a distribuição espacial dos focos de queimadas em toda Amazônia Legal, mostrando a quantidade total de queimadas em todos os estados que comportam a floresta.

Fica evidente que as maiores concentrações de focos de queimadas estão localizadas na região conhecida como “Arco do Desmatamento da Amazônia Legal”, que abrange principalmente o Oeste do Maranhão e Sul do Pará, passando por Mato Grosso, Rondônia e Acre (SCHROEDER *et al.*, 2010). Também fica evidente a elevada concentração de queimadas nos entornos e afluentes do Rio Amazonas. Esta distribuição espacial parece estar relacionada ao uso e ocupação do solo nestas regiões (CARMO *et al.*, 2017).

Figura 11: Distribuição espacial do total dos focos de queimadas na Amazônia Legal durante o período 2000-2019.

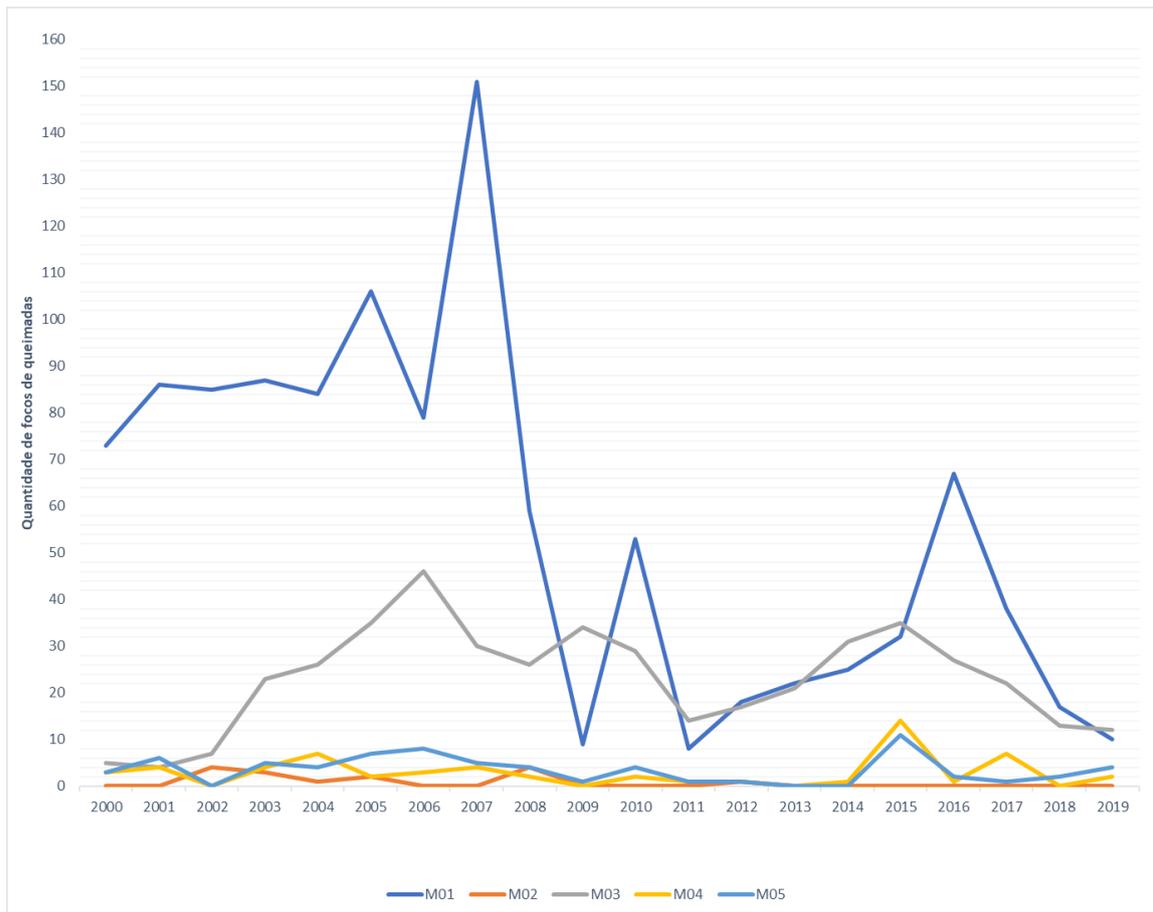


Fonte: O Autor.

Para cada mineradora foi verificada a quantidade de focos de queimadas no decorrer dos anos de estudo, buscando analisar se há relação entre a quantidade de focos e a etapa do processo de licenciamento do empreendimento.

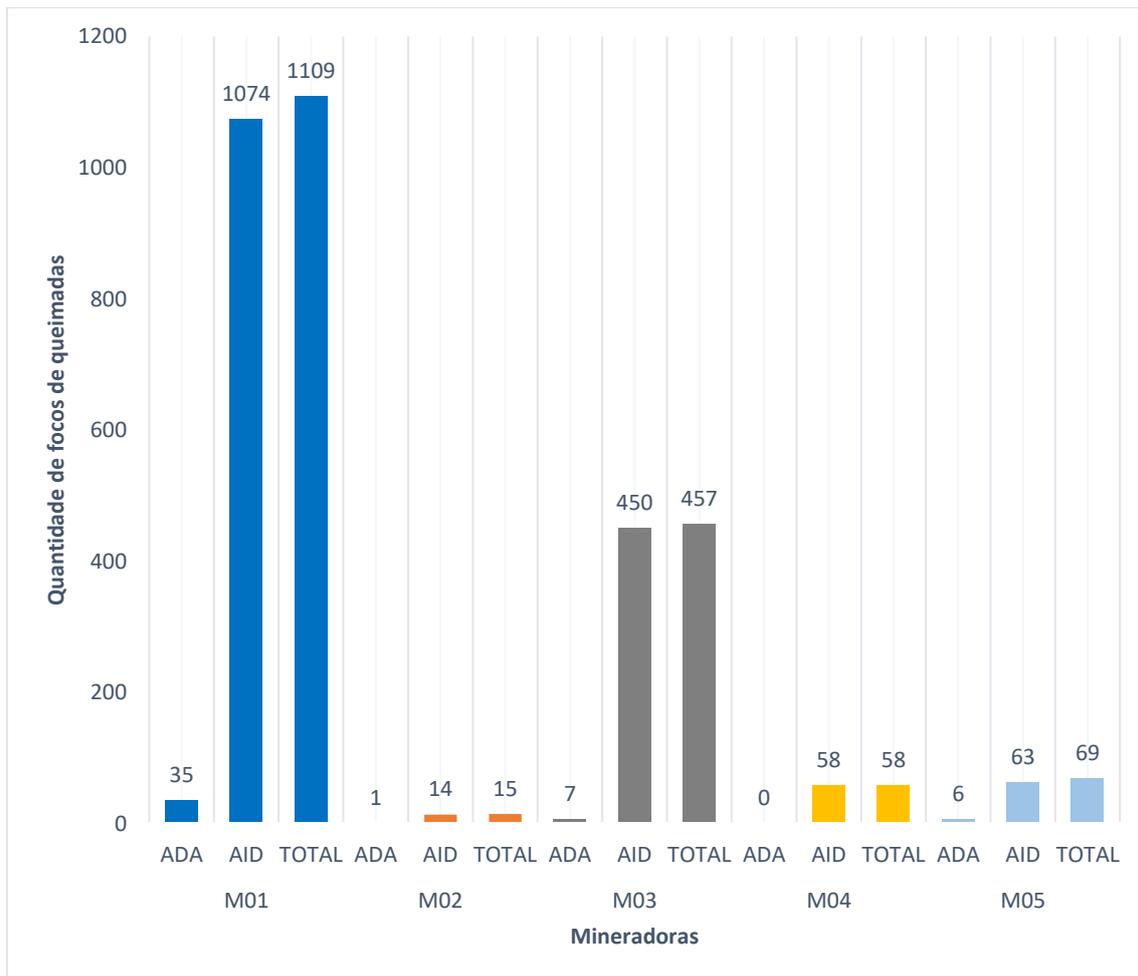
A quantidade de focos de queimadas total registrada por satélite para cada ano, para cada um dos empreendimentos, é mostrada na Figura 12. Esse número também é mostrado na Tabela 6, segundo sua localização na ADA e AID e concentração (número de focos de queimadas por km²). Já a Figura 13 apresenta a quantidade de focos de queimadas, para cada um dos empreendimentos, para todos os anos do estudo, distribuídos em suas ADA e AID (a Tabela com a distribuição anual e total de focos de queimadas por ADA e AID se encontra no Anexo 1). Vale ressaltar que a delimitação da ADA e AID foram obtidas a partir dos EIA/RIMAs de cada empreendimento, ou seja, os valores adotados neste estudo são os mesmos propostos nos estudos de cada mineradora.

Figura 12: Quantidade anual de focos de queimadas localizados na ADA e AID para cada um dos empreendimentos analisados.



Fonte: O Autor.

Figura 13: Quantidade de focos de queimadas entre os anos de 2000 e 2019 para cada um dos empreendimentos analisados, localizados na ADA, na AID e somatória de ambos.



Fonte: O Autor.

Tabela 6: Quantidade de focos de queimadas, no período 2000-2019, e área dos empreendimentos.

Mineradora	Área (Km ²)		Quantidade de focos de queimadas (2000 - 2019)		Focos de queimadas por km ²	
	ADA	AID	ADA	AID	ADA	AID
M01	100	3909	35	1074	0,35	0,27
M02	45	211	1	14	0,02	0,07
M03	84	2519	7	450	0,08	0,18
M04	6	1656	0	58	0	0,04
M05	24	936	6	63	0,25	0,07

Fonte: O Autor.

A partir da análise dos EIA/RIMA dos empreendimentos, foi observado que nenhum dos estudos das mineradoras prevê a indução de queimadas para qualquer fase do licenciamento, o que leva ao entendimento de que não serão tomadas medidas mitigatórias caso alguma delas induzam incêndios nos perímetros de suas ADA e AID.

Observa-se que o número total de focos de queimadas em cada empreendimento ao longo do período estudado apresentou comportamentos diferentes. Por exemplo, o empreendimento M02 mostra praticamente inexistência de focos de queimadas dentro de suas áreas de influência. O empreendimento M02 apresentou focos de queimadas no período de 2002 a 2008, antes mesmo da LP ser concedida.

Os empreendimentos M01 e M03 apresentam grande variabilidade no número de focos de queimadas ao longo do tempo, principalmente antes de 2010. No entanto, para M03, em função dos vários processos de licenciamento ambiental, não é possível relacionar os aumentos no número de focos de queimadas com suas licenças ambientais. M01 foi o empreendimento que mais se constatou queimadas em sua região. O empreendimento M04 apresentou focos de queimadas em sua ADA e AID nos anos de 2004, 2015 e 2017.

Em relação à mineradora M05, seu EIA não prevê a delimitação de uma AID no entorno do empreendimento. Sendo assim, foi estipulada uma área para a verificação da ocorrência dos focos de queimadas. Para a delimitação dessa AID, foi utilizado o empreendimento com maior área de influência direta disponível (M01 – 3909 km²) e calculado, proporcionalmente, uma área para M05 de acordo com sua ADA.

2.2.1 Análise de M01

De acordo com os dados presentes na consulta aos documentos públicos do IBAMA, M01 iniciou o processo de licenciamento ambiental em fevereiro de 2009, sendo que, sua licença prévia (LP) só foi aprovada em junho de 2012. A obtenção da licença de instalação (LI) ocorreu em junho de 2013 e, por fim, a licença de operação (LO) foi conseguida no final de 2016 sendo que, atualmente, a licença encontra-se em vigor (a verificação do status das licenças ambientais, de todos os empreendimentos estudados nesta pesquisa, foi realizada no dia 30 de julho de 2020).

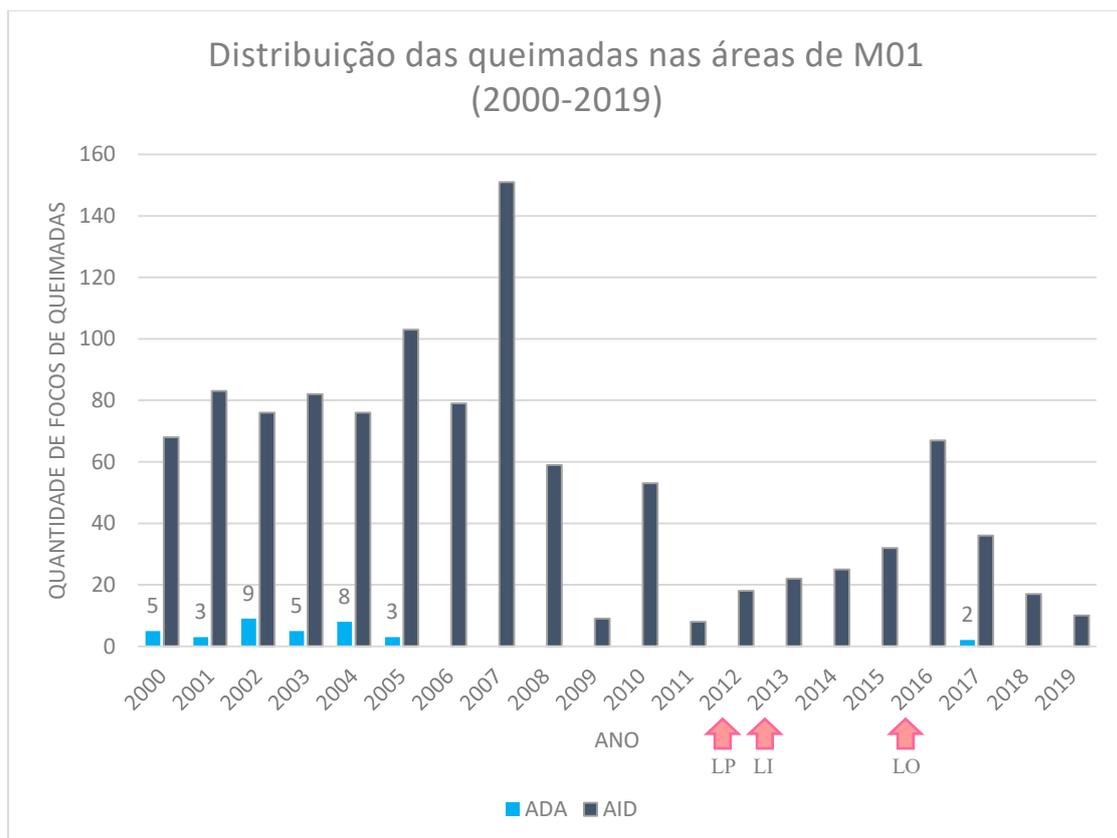
De acordo com seu EIA/RIMA, o empreendimento M01 obtém minérios de ferro em uma região localizada próximo ao município de Canaã dos Carajás/PA. Segundo o documento, os minérios são transportados pela mineradora por um ramal ferroviário, passando por estradas e rodovias até chegar a um terminal portuário, localizado no estado do Maranhão. Ainda

segundo o estudo, a mineradora estimou que seriam lavradas cerca de 3,4 bilhões de toneladas de minério de ferro na sua etapa de operação (VALE, 2010).

Com relação às queimadas, M01 não cita a ocorrência de focos de incêndio no decorrer do seu licenciamento ambiental ou no tempo de vida da mineradora, tampouco medidas de mitigação para o caso disso acontecer. Somente encontra-se no EIA/RIMA que a madeira e lenha, resultante de qualquer autorização de supressão vegetal, não pode ser queimada, podendo ser alienada ou mesmo aproveitada como contenção nos processos erosivos, ou como matéria orgânica na recuperação das áreas degradadas, ou ainda para produção de energia, no caso de madeira não comercial (Instrução Normativa IBAMA nº 152/2007).

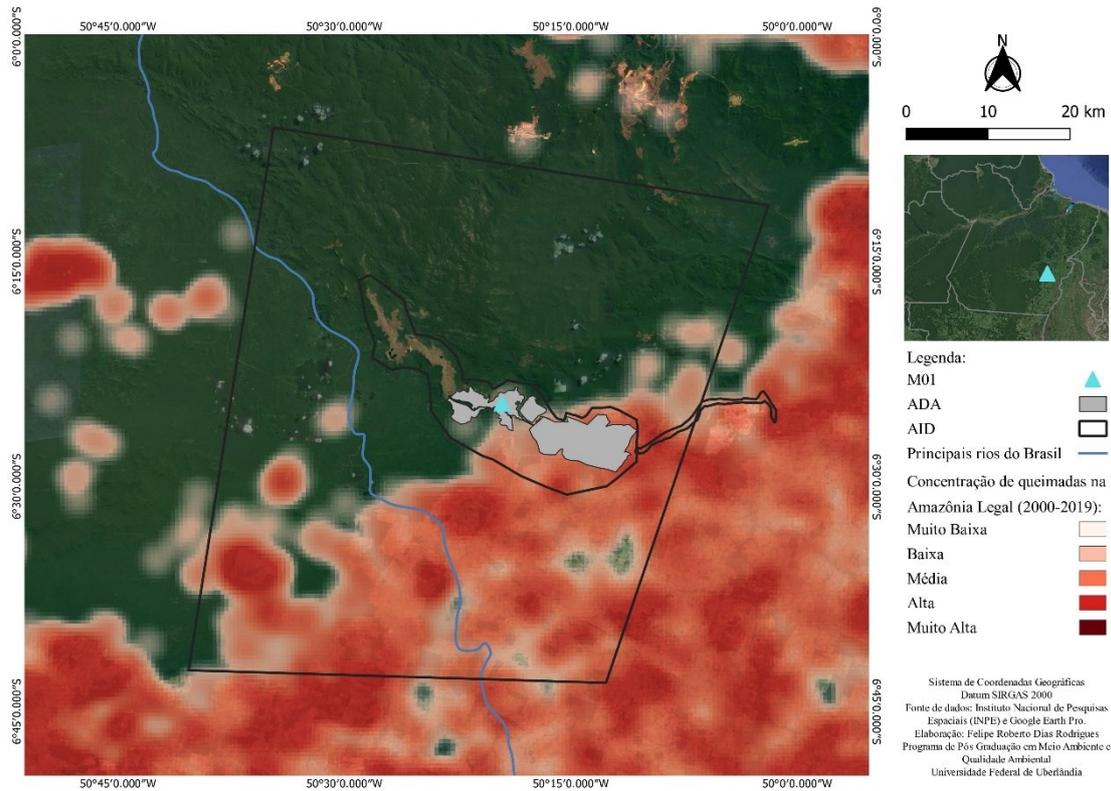
A Figura 14 apresenta o total anual de queimadas desde 2000 até 2019 na ADA e AID do empreendimento M01. Posteriormente, a Figura 15 mostra a concentração de ocorrência de queimadas, durante os 20 anos de estudo, no entorno de M01.

Figura 14: Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M01.



Fonte: O Autor.

Figura 15: Concentração total de queimadas ao entorno de M01.



Fonte: O Autor.

De acordo com a Figura 14, a maior ocorrência de queimadas, na região que seria a ADA de M01, aconteceu até o ano de 2006, ano este em que a mineradora ainda não estava licenciada. Dessa forma, não é possível traçar uma relação direta entre esses focos de incêndio e o empreendimento. Durante esse período, foram registrados vários focos de queimadas na grande AID da M01, área esta que o EIA/RIMA prevê como AID para impactos atmosféricos, onde seriam realizados estudos para analisar se houve alteração na qualidade do ar (somente esse empreendimento delimitou especificamente essa área para estudo). É possível notar, de acordo com a Figura 15, que os focos de queimadas se concentraram mais na parte sul da grande AID, local onde a taxa de desmatamento cresceu nos últimos anos como mostrado na Figura 10.

Também foram registrados 2 focos de queimadas na ADA da M01 em 2017, que devem ser de responsabilidade da mineradora por terem ocorrido na sua área de atividade depois do início de sua operação, e alguns focos ao longo da margem do rio que passa na sua grande AID, região com alto índice de desmatamento.

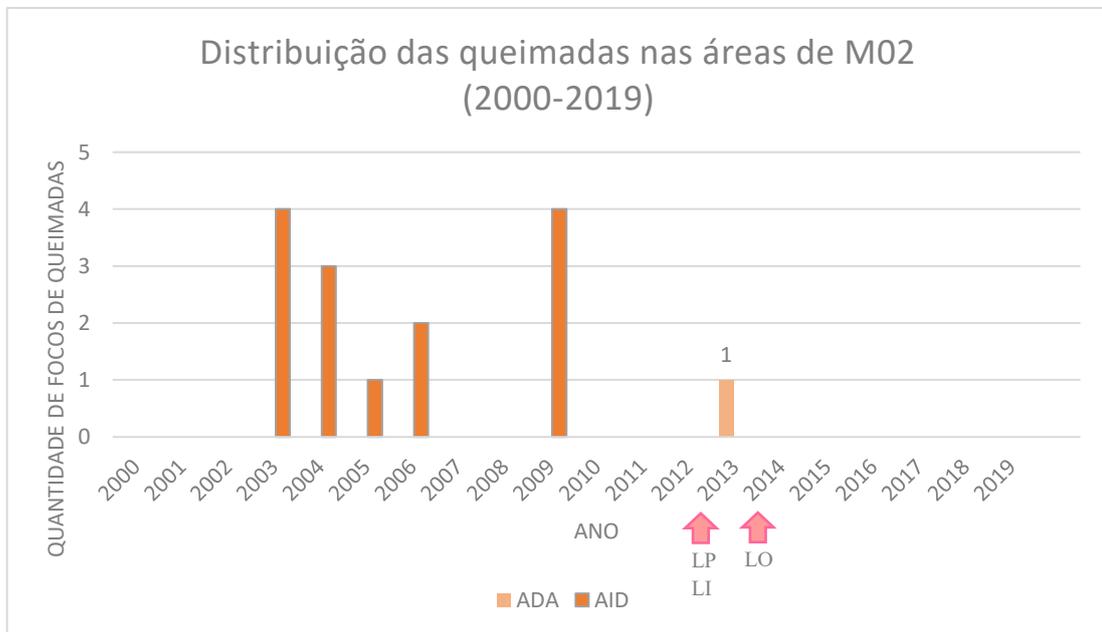
4.2.2 Análise de M02

A M02 é um projeto de ampliação da M01, localizado a 40 km de distância. A abertura do processo de licenciamento ambiental ocorreu em maio de 2010, sendo que a obtenção da LP somente aconteceu em agosto de 2014. As LI e LO foram emitidas, respectivamente, em 2014 e 2015, estando com a licença de operação ainda em vigor.

Segundo os dados presentes no IBAMA, M02 foi projetada com o objetivo de ampliar a disposição de estéril quando exauridos os usos das cavas, após o processamento do ferro, sendo que em seu EIA, também não são apontados os focos de incêndios como possíveis impactos ambientais provenientes de sua instalação e operação. Com relação às queimadas, o documento diz que a madeira e lenha, resultante de qualquer autorização de supressão vegetal não pode ser queimada (Instrução Normativa IBAMA nº 152/2007).

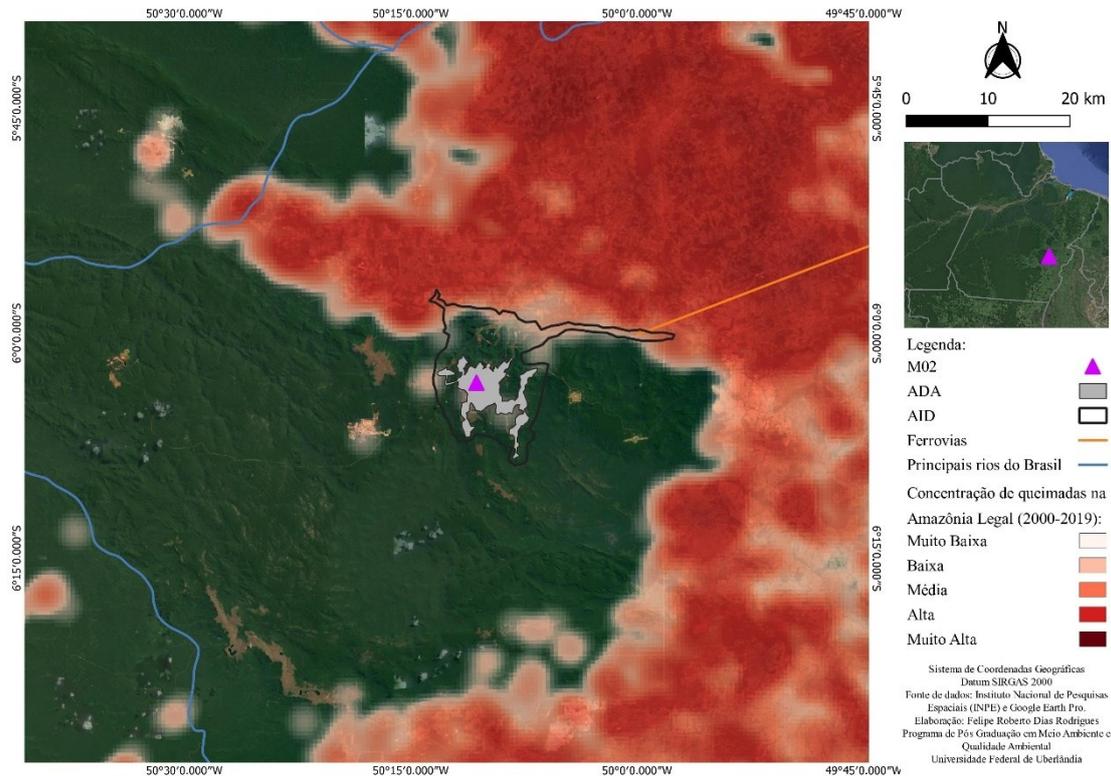
A Figura 16 apresenta a ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M02 anualmente, desde 2000 até 2019. Posteriormente, a Figura 17 mostra a concentração de ocorrência queimadas, durante os 20 anos de estudo, ao entorno de M01.

Figura 16: Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M02.



Fonte: O Autor.

Figura 17: Concentração total de queimadas ao entorno de M02.



Fonte: O Autor.

De acordo com a Figura 16, foram identificados focos de queimadas na ADA de M02, somente no ano de 2015. Comparando-se o número de queimadas registrados na sua AID ao longo dos anos, houve uma diminuição com a instalação do empreendimento estudado. Dessa forma, a instalação da mineradora não induziu o aumento das queimadas na AID.

Numa proximidade de 23 km da M02 encontra-se uma ferrovia que apresenta grande quantidade de focos de queimadas em sua extensão. A análise do EIA dos citados empreendimentos, demonstra que o escoamento de minérios é realizado por um ramal ferroviário, mas não há uma relação direta entre a ferrovia e a mineradora visto que, este ramal ferroviário já existia desde antes da instalação do empreendimento naquele local.

4.2.3 Análise da M03

Segundo Pinto (2016), M03 começou a lavar bauxita em 1979 e continua até os dias atuais, com previsão de manter-se ativa até 2043, abrangendo vários platôs para a extração do minério. No início dos anos 2000, a MRN (Mineração Rio do Norte) iniciou a exploração dos

platôs Aviso, Bacaba e Almeida em regiões que eram historicamente utilizadas por populações ribeirinhas para fins extrativistas.

Devido à ausência de documentação da mineradora M03 e o fato de que algumas de suas licenças terem sido emitidas antes do período estudado, não foi possível fazer a relação entre a operação da M03 e as queimadas para cada fase do processo de licenciamento ambiental. Sendo assim, no presente estudo o empreendimento será analisado como um todo, a partir do ano 2000, ano a partir do qual há disponibilidade de dados.

O citado empreendimento está localizado na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, situada no noroeste do estado do Pará com 441.152 hectares, no município de Oriximiná (PA). A M03 também está a 26km do Rio Paru do Oeste.

De acordo com o banco de dados do IBAMA, o processo de licenciamento da M03 começou com a solicitação de licenciamento para a extração de bauxita no Platô Papagaio em 1994, sendo que suas LP, LI e LO foram obtidas antes de 2000. Em julho de 2000, foi emitida a licença prévia para outro platô, em Periquito, também para a extração de bauxita, e, posteriormente, suas LI e LO foram emitidas, respectivamente, em abril e dezembro do mesmo ano.

Ainda no ano de 2000, houve a solicitação de licenciamento ambiental para as vias de acesso aos Platôs Almeida e Aviso, com obtenção das LP, LI e LO, respectivamente, em novembro de 2000, junho de 2001 e julho de 2002. Entretanto, mesmo com a disposição destas licenças no banco de dados do IBAMA, não há EIA/RIMA disponível para consulta de dados, não há localização da construção dessas vias e nem outros documentos importantes para consulta.

Em 2002, os Platôs Almeidas e Aviso foram licenciados para extração de bauxita, ambos realizando o processo de licenciamento trifásico, onde as LP, LI e LO foram obtidas no mesmo ano. O mesmo aconteceu em 2009, quando houve o licenciamento ambiental de extração de bauxita no Platô Bacaba.

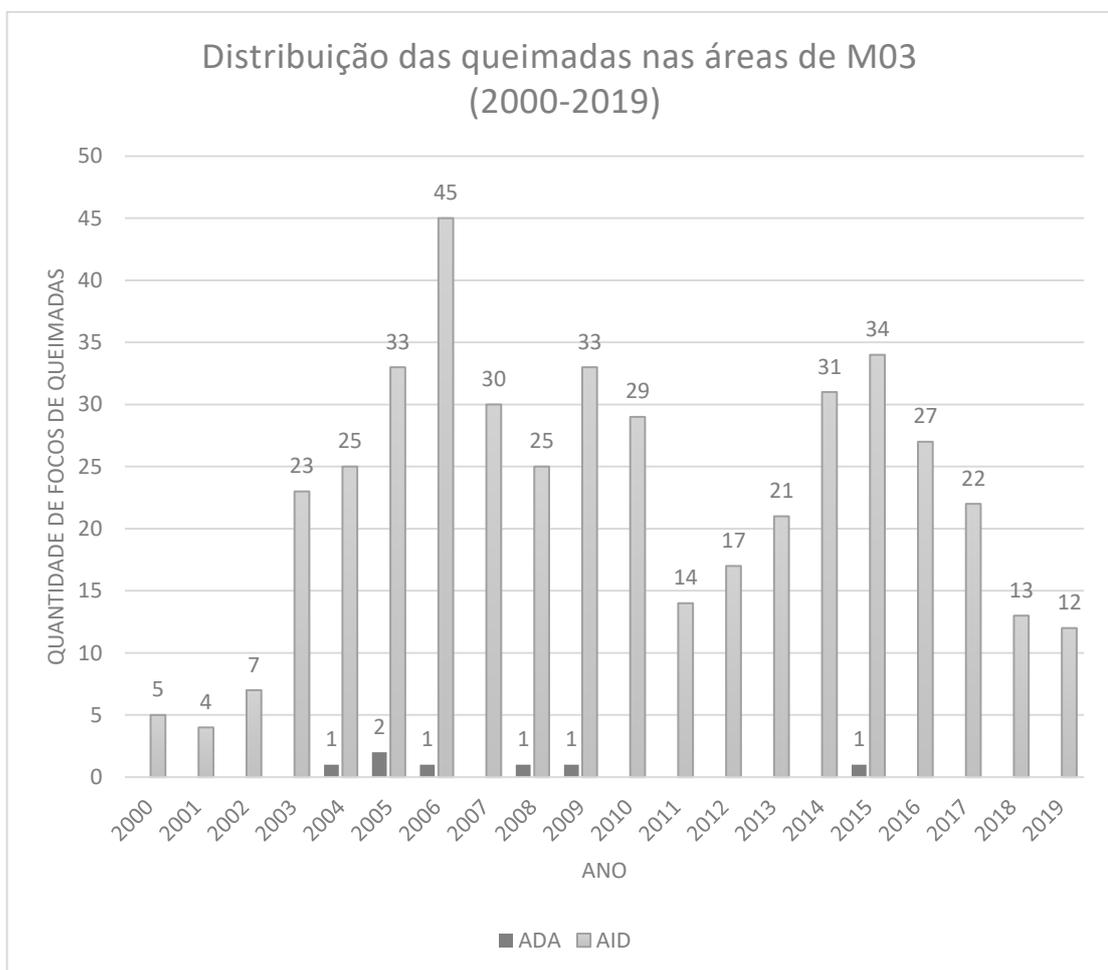
Além desses documentos, há no banco de dados do IBAMA um processo denominado “Vias de acesso Platôs Almeida e Aviso”, entretanto, não há documentação referente a esse processo de licenciamento ambiental. O único arquivo referente a esse processo é o de obtenção da LI em 2017, que atualmente encontra-se expirada.

De todos esses processos de licenciamento ambiental, os únicos que possuem EIA/RIMA disponíveis são os de Extração de Bauxita no Platô Papagaio e Periquito. A partir dessa documentação verificou-se que em nenhum dos EIA disponíveis continha informações sobre focos de queimada em suas áreas de influência.

Segundo os documentos presentes no banco de dados do IBAMA, a licença de operação para a extração de bauxita no Platô Almeidas se encontra em vigor. Já para a mineração nos outros Platôs (Aviso, Bacaba, Papagaio e Periquito), a LO se encontra expirada.

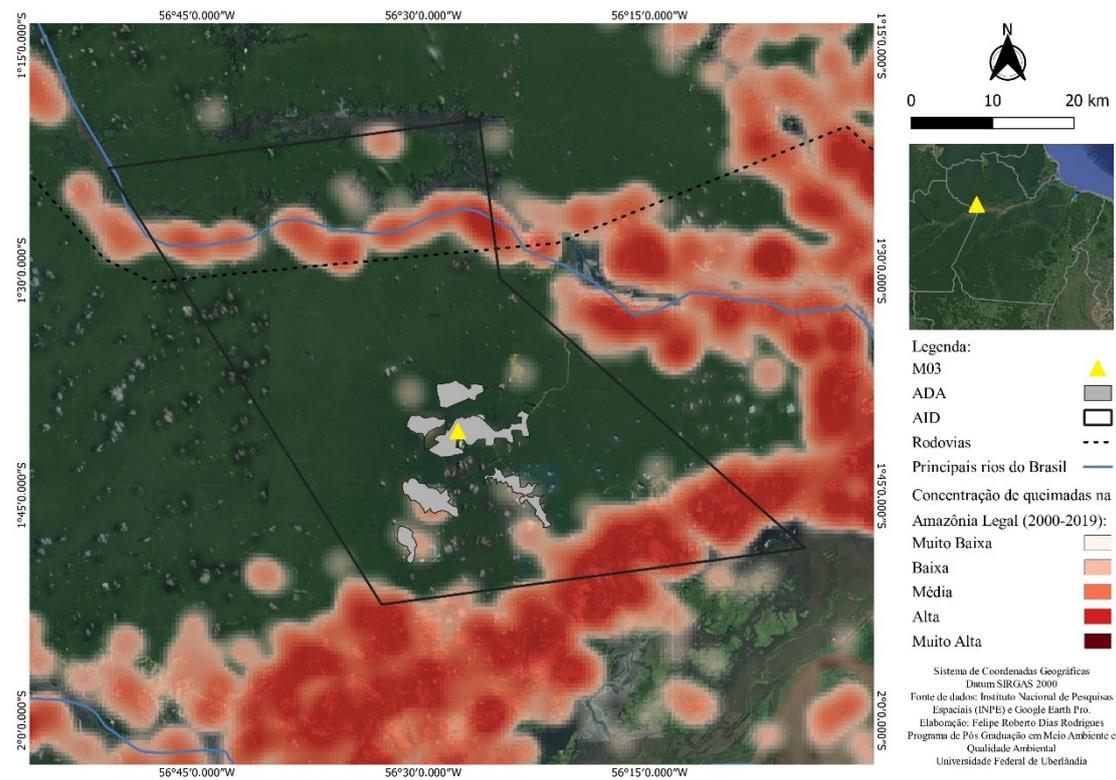
Sendo assim, a Figura 18 apresenta o número de focos de queimadas registrados pelo satélite AQUA no período de 2000 a 2019 na região de M03. Em seguida, na Figura 19, é mostrada a concentração de ocorrência queimadas, durante os 20 anos de estudo, no entorno do empreendimento.

Figura 18: Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M03.



Fonte: O Autor.

Figura 19: Concentração total de queimadas ao entorno de M03.



Fonte: O Autor.

A partir da Figura 19 nota-se que a quantidade de focos de queimadas ao sul da mineradora foi expressivamente alta, incluindo registros em sua ADA em 2008, 2009 e 2015. Os focos de queimadas que ocorreram dentro da ADA da M03 provavelmente são de responsabilidade da mineradora, visto que estão inseridos na sua área de atividade, já os focos em sua AID podem ser decorrentes das atividades da mineradora, mas precisa-se de mais estudos para verificar se existe essa relação.

É possível perceber que na área destinada à M03 a maior concentração de focos de queimadas encontra-se ao longo de cursos d'água. O arquivo vetorial shapefile utilizado no desenvolvimento do presente estudo continha somente os cursos d'água brasileiros e não lagoas, sendo assim, a Figura 20 mostra a imagem de satélite, retirada do Google Earth Pro, contendo lagoas e lagos ao sul da M03.

Figura 20: Imagem de satélite.



Fonte: Google Earth Pro.

A rodovia mostrada na Figura 19 apresentou alguns focos de queimadas ao longo de sua extensão, logo, foi possível observar uma relação entre a quantidade de focos de queimadas e a sua presença. É válido ressaltar que esta rodovia está presente no arquivo vetorial (shapefile) de rodovias, obtido do banco de informações de transportes (BIT), disponibilizado pelo Ministério da Infraestrutura, mas não foi encontrada nas imagens de satélite.

4.2.4 Análise de M04

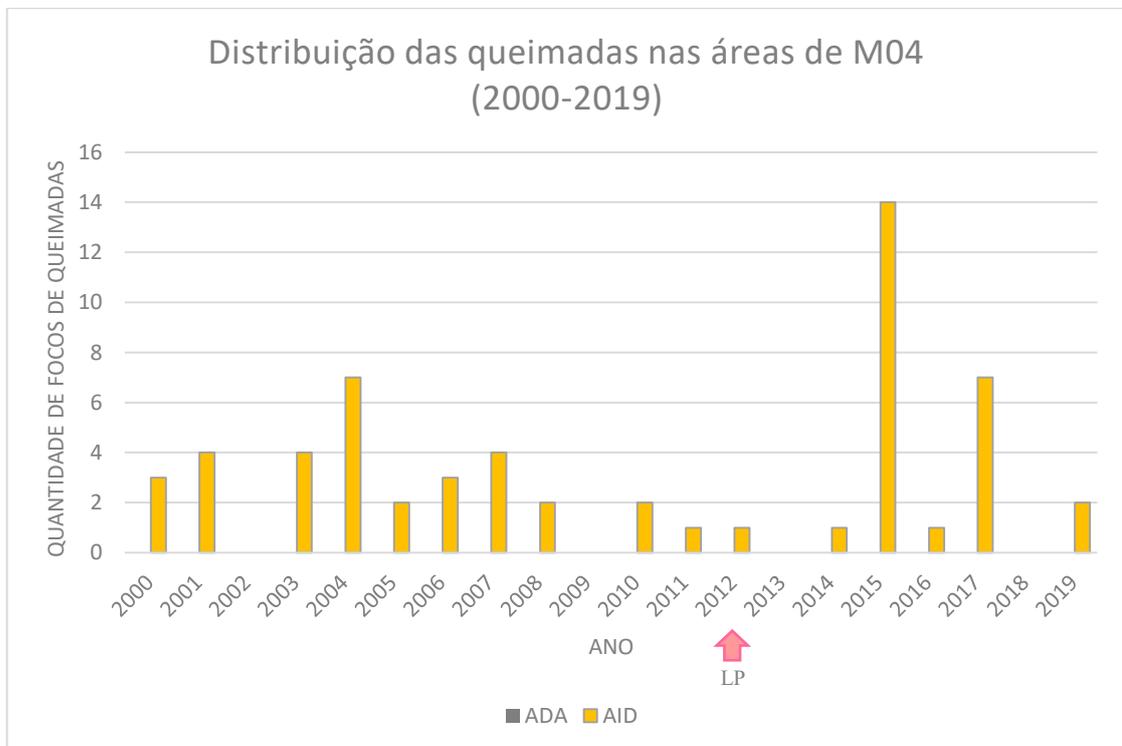
O empreendimento M04 iniciou o seu processo de licenciamento ambiental em 2008, sendo que sua licença prévia foi emitida em agosto de 2013 para a extração e beneficiamento de minérios de cobre e ouro. No banco de dados do IBAMA não constam as datas de obtenção das LI e LO, tampouco outros documentos relacionados ao empreendimento, mas a partir da localização (latitude e longitude) da M04, foi possível encontrar a mineradora. O único documento da M04 disponível, além da LP, é seu EIA/RIMA, o qual foi analisado para o desenvolvimento deste estudo.

De acordo com o EIA da M04, a mineradora prevê que pode acontecer uma “operação inadequada em seu plano de fogo” e assim ocorrer uma detonação descontrolada na abertura de poços verticais ou na abertura de lavras subterrâneas. A detecção dessas queimadas seria de

maneira visual e, como medida preventiva, o EIA determina que irão seguir as normas de manuseio de produtos explosivos do ministério da defesa, além de estabelecer e implementar adequadamente o plano de fogo. Entretanto, o citado plano de fogo não está disponível para consulta.

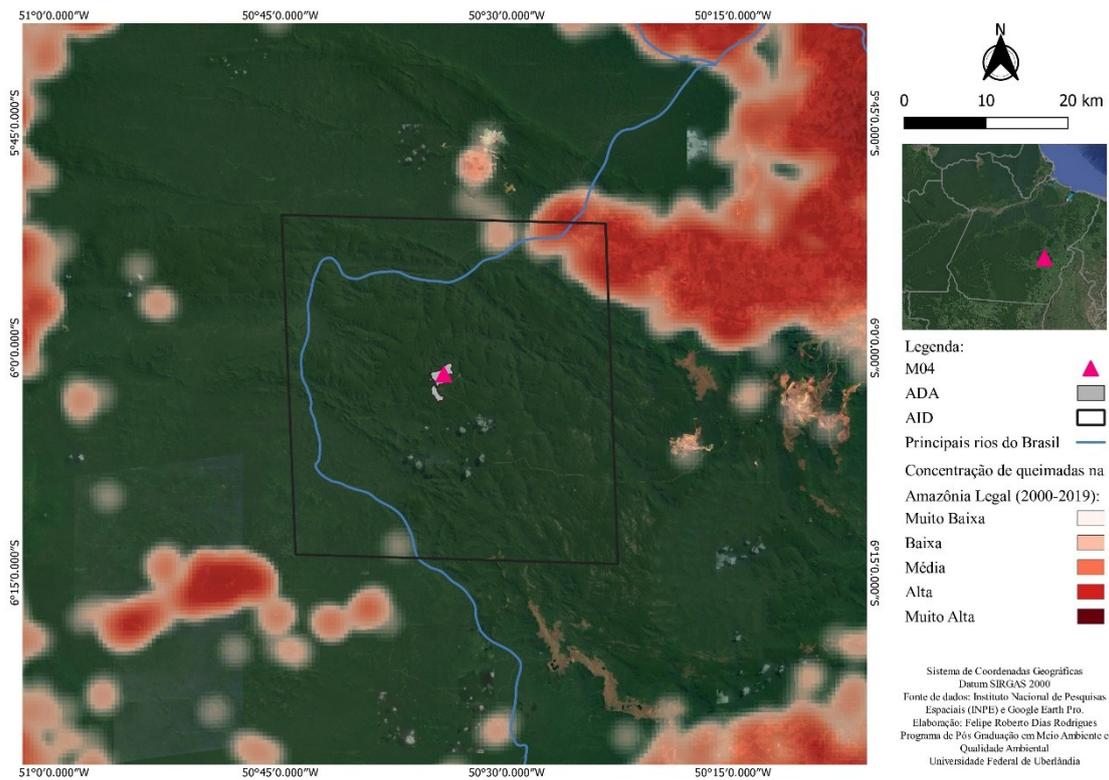
A Figura 21 apresenta o número de focos de queimadas registrados por satélite no período de 2000 a 2019 na região de M04. Em seguida, na Figura 21, é mostrada a concentração de ocorrência queimadas, durante os 20 anos de estudo, ao entorno do empreendimento. Como já citado, a M04 possui somente a obtenção da LP (2013) como documento comprobatório no acervo do IBAMA.

Figura 21: Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M04.



Fonte: O Autor.

Figura 22: Concentração total de queimadas ao entorno de M04.



Fonte: O Autor.

Comparando-se os resultados obtidos durante todos os anos e a análise das Figuras 21 e 22, em relação ao número de queimadas registradas na região da M04, verifica-se que não houve variações decorrentes da instalação do empreendimento na região. Já para os registros de focos de queimadas na AID de M04, é possível perceber que, de acordo com a Figura 22, se concentraram mais na parte ao nordeste da AID, local onde a existe desmatamento na região.

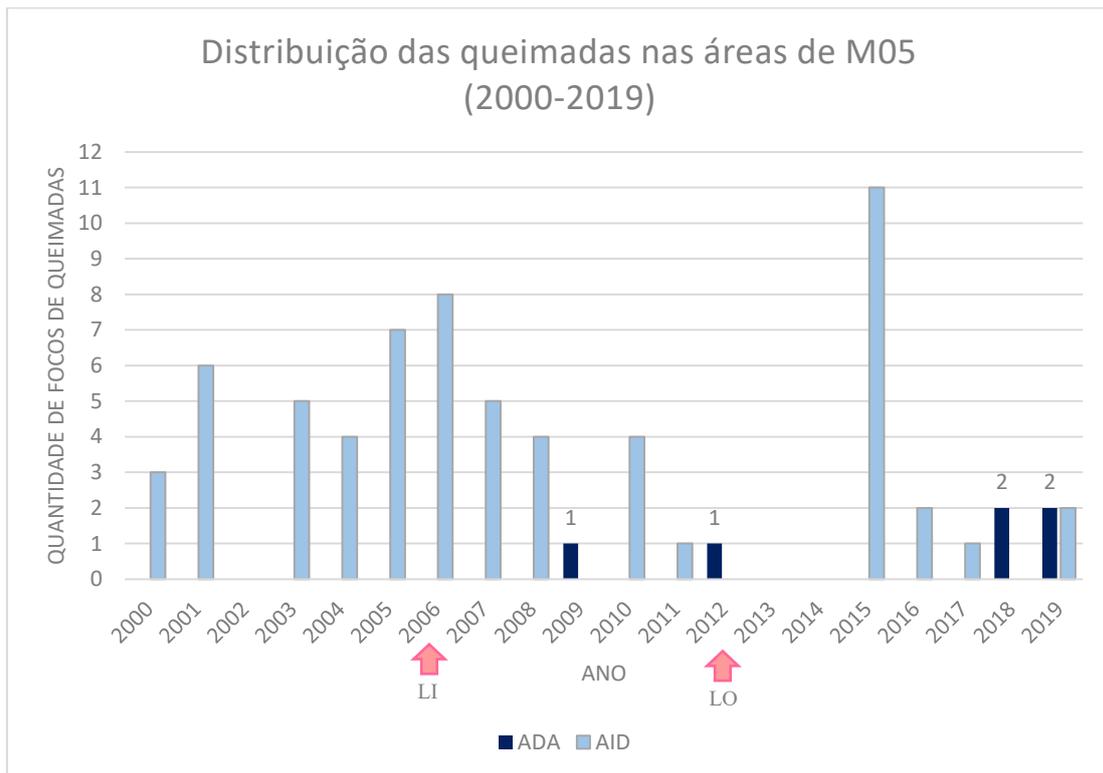
4.2.5 Análise de M05

A M05 está localizada na Floresta Nacional Tapirapé-Aquiri, que possui uma área superior a 190 mil hectares e visa à obtenção de cobre para exportação. De acordo com os dados públicos presentes no portal do IBAMA, o empreendimento começou o seu processo de licenciamento ambiental antes dos anos 2000, com abertura em 1992. A data de obtenção da sua LP não está disponível na documentação disponibilizada pelo IBAMA, mas suas LI e LO foram obtidas, respectivamente, em dezembro de 2006 e novembro de 2012. Atualmente, sua licença de operação encontra-se expirada.

Em relação às queimadas, o EIA da M05 não cita ocorrência de focos de incêndio no decorrer de seu ciclo de vida e nem medidas de mitigação para possíveis ocorrências.

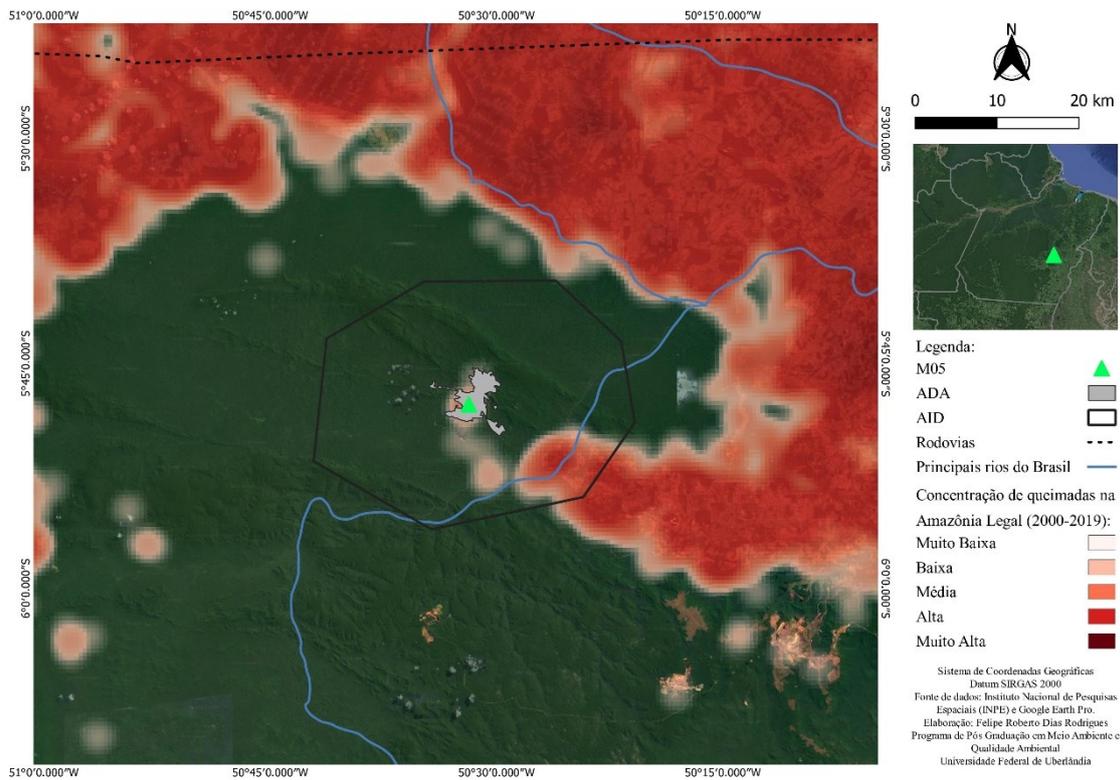
A Figura 23 apresenta o número de focos de queimadas registrados por satélite no período de 2000 a 2019 na região de M05. Em seguida, na Figura 24, é mostrada a concentração de ocorrência queimadas, durante os 20 anos de estudo, ao entorno do empreendimento.

Figura 23: Ocorrência de queimadas na ADA e AID do empreendimento M05.



Fonte: O Autor.

Figura 24: Concentração total de queimadas ao entorno de M05.



Fonte: O Autor.

É possível identificar na Figura 24 que as regiões com maior quantidade de focos de queimadas são a sudeste e a norte da M05, sendo esse fenômeno verificado durante todos estes anos. Somente em 2009, 2012, 2018 e 2019 que foram registrados focos de queimada dentro da ADA da M05, sendo estes, de responsabilidade do empreendimento.

A maioria dos focos de queimadas encontram-se na mesma região em todos os anos, a sudeste da M0. A quantidade de queimadas varia durante os anos analisados, porém ocorrem sempre no mesmo local. Este conjunto de focos de queimadas está, aproximadamente, 12 km da M05. É possível verificar uma relação entre os focos de queimadas presentes na ADA de M05 e o empreendimento, visto que em alguns anos (2009, 2012, 2018 e 2019) foram observados incêndios no interior da sua ADA, principalmente a partir de 2012, quando o empreendimento começou sua operação.

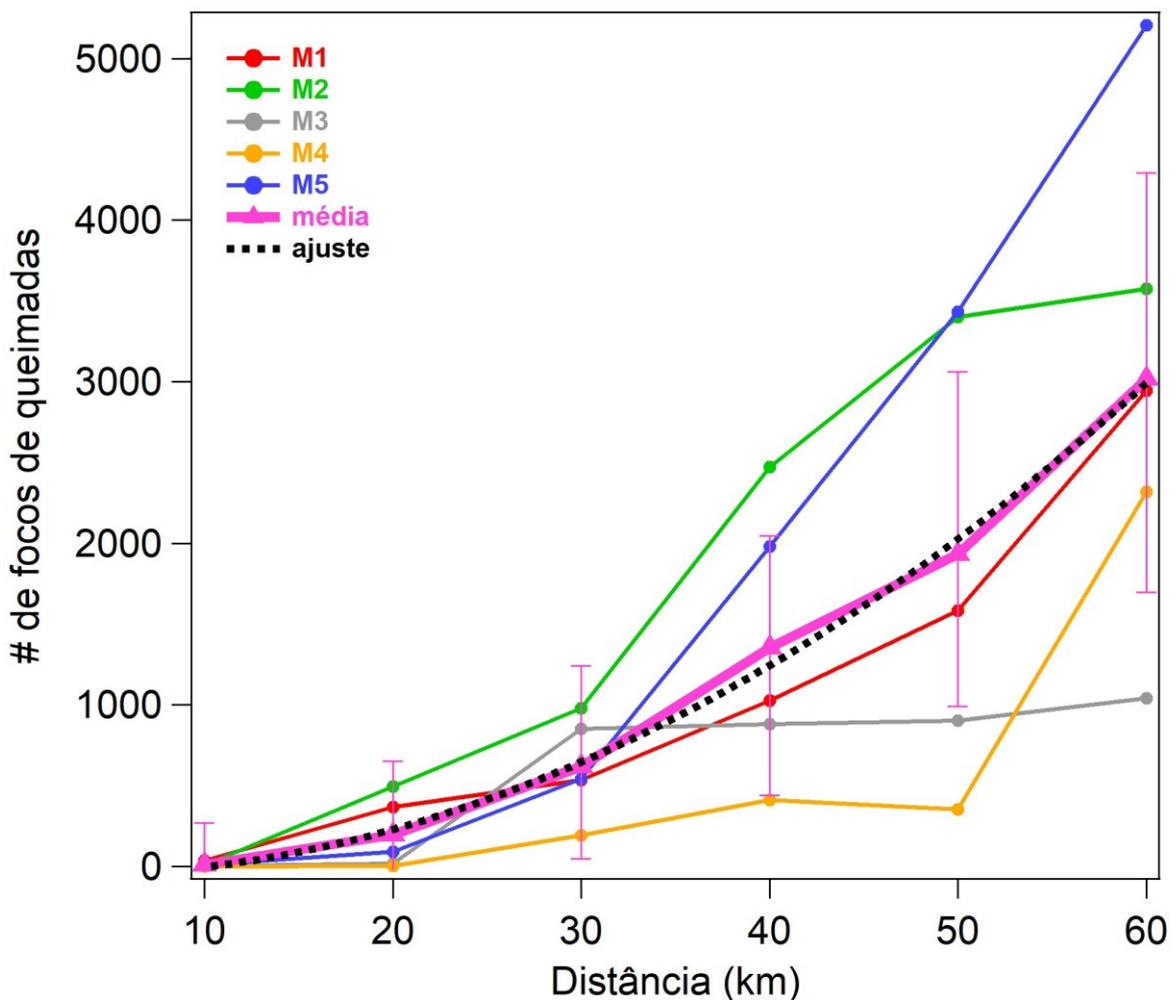
4.3 Resultado da análise dos raios

Após escolher quais empreendimentos seriam estudados no presente trabalho, pôde-se observar que as mineradoras com maiores AID em seus EIA/RIMA são M01 (3909 km²) e M03

(2519 km²). Traçando-se raios de 10 em 10 km no entorno de M01, todas as áreas do empreendimento foram contempladas no raio máximo de 60 km. Ou seja, todos os empreendimentos seriam analisados, com seus respectivos raios, até 60 km de distância a partir do empreendimento.

Dessa forma, foi possível perceber a quantidade de focos de queimadas para cada empreendimento para cada faixa concêntrica. A Figura 25 mostra a relação entre a distância dos raios para todas as mineradoras estudadas e a quantidade de focos de queimadas que foram encontrados, para cada faixa de raio com valores não cumulativos, entre 2000 e 2019. A tabela, com as quantidades de focos de queimadas detalhadas anualmente para todos os raios de cada empreendimento, é mostrada no Anexo II.

Figura 25: Relação entre distância e a quantidade de focos de queimadas e os empreendimentos durante os anos estudados.



Fonte: O Autor.

Os dados da Figura 25 foram testados utilizando ajustes linear, exponencial e polinomial de segunda ordem, a partir da média dos dados apresentados. Nota-se que esta curva apresentou melhor valor de correlação de Pearson (R^2), e que, portanto, melhor explica o comportamento dos dados foi a polinomial de segunda ordem. As equações obtidas e respectivos valores de R^2 estão nas Equações 1 a 3.

$$y = 91,404x^2 + 40,419x - 55,82 \text{ (Equação 1);}$$

$$R^2 = 0,9965 \text{ (Equação polinomial de 2a ordem)}$$

$$y = 599,41x - 908,92 \text{ (Equação 2);}$$

$$R^2 = 0,9494 \text{ (Equação linear)}$$

$$y = 14,069e^{1,0063x} \text{ (Equação 3);}$$

$$R^2 = 0,8535 \text{ (Equação exponencial de segunda ordem)}$$

De uma forma geral, nota-se na Figura 25 que a quantidade de focos de queimadas aumenta com o aumento da distância em relação ao ponto 0, confirmado pela curva por todos os ajustes apresentados. Essa relação pode ser vista para todas as mineradoras, sendo que M05 e M02, respectivamente, foram as que possuíram as maiores quantidades de focos de queimadas. É válido ressaltar que as quantidades encontradas são relativas a cada faixa de 10 km, não representando valores cumulativos.

Ainda de acordo com a Figura 25 e com o Anexo II, nota-se que para todos os empreendimentos, as taxas de ocorrência de queimadas, ou seja, o número de queimadas para cada 10 km (visível pela inclinação das retas), são superiores nos raios de 10–20 km e de 20–30 km do que nos posteriores. Essa taxa, para alguns empreendimentos, mostra uma variação até, aproximadamente, 60 vezes maior entre os primeiros raios, comparado com taxas de, somente, 2,5 nos raios mais distantes, mesmo estes apresentando maiores concentrações de focos de queimadas. A Tabela 7 apresenta a quantidade total de focos de queimadas, em cada raio, para os empreendimentos estudados e, em seguida, a Tabela 8 apresenta as taxas de aumento na quantidade de focos de queimadas, entre os raios.

Tabela 7: Quantidade de focos de queimadas total, em cada raio, para os empreendimentos estudados.

Mineradora	Raios						TOTAL
	10km	20km	30km	40km	50km	60km	
M01	36	367	536	1027	1582	2944	6492
M02	9	496	980	2471	3400	3574	10930
M03	5	18	851	882	904	1043	3703
M04	0	3	192	413	353	2320	3281
M05	11	91	541	1982	3433	5206	11264
Média	12	195	620	1355	1934	3017	

Fonte: O Autor.

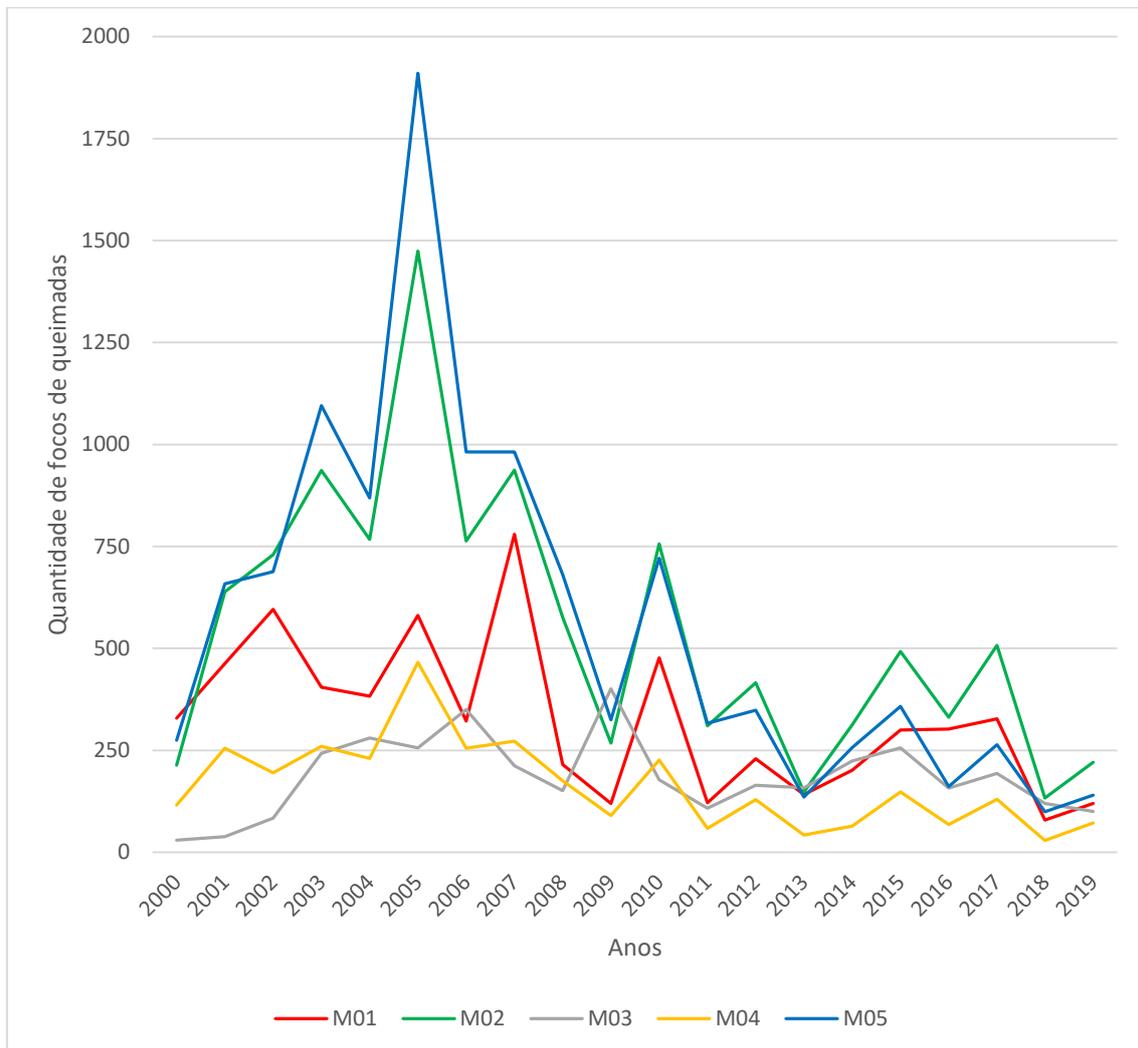
Tabela 8: Taxas de aumento na quantidade de focos de queimadas, entre os raios propostos.

Mineradora	10km	20km	30km	40km	50km	60km
M01	-	10,2	1,5	1,9	1,5	1,9
M02	-	55,1	2,0	2,5	1,4	1,1
M03	-	3,6	47,3	1,0	1,0	1,2
M04	-	3,0	64,0	2,2	0,9	6,6
M05	-	8,3	5,9	3,7	1,7	1,5
Média	-	16,0	24,1	2,3	1,3	2

Fonte: O Autor.

A Figura 26 mostra a quantidade total de focos de queimadas anualmente para cada um dos empreendimentos estudados. Os anos com maiores registros de queimadas foram 2003, 2005 e 2007, sendo que, os empreendimentos com maiores registros foram M05 e M02, respectivamente.

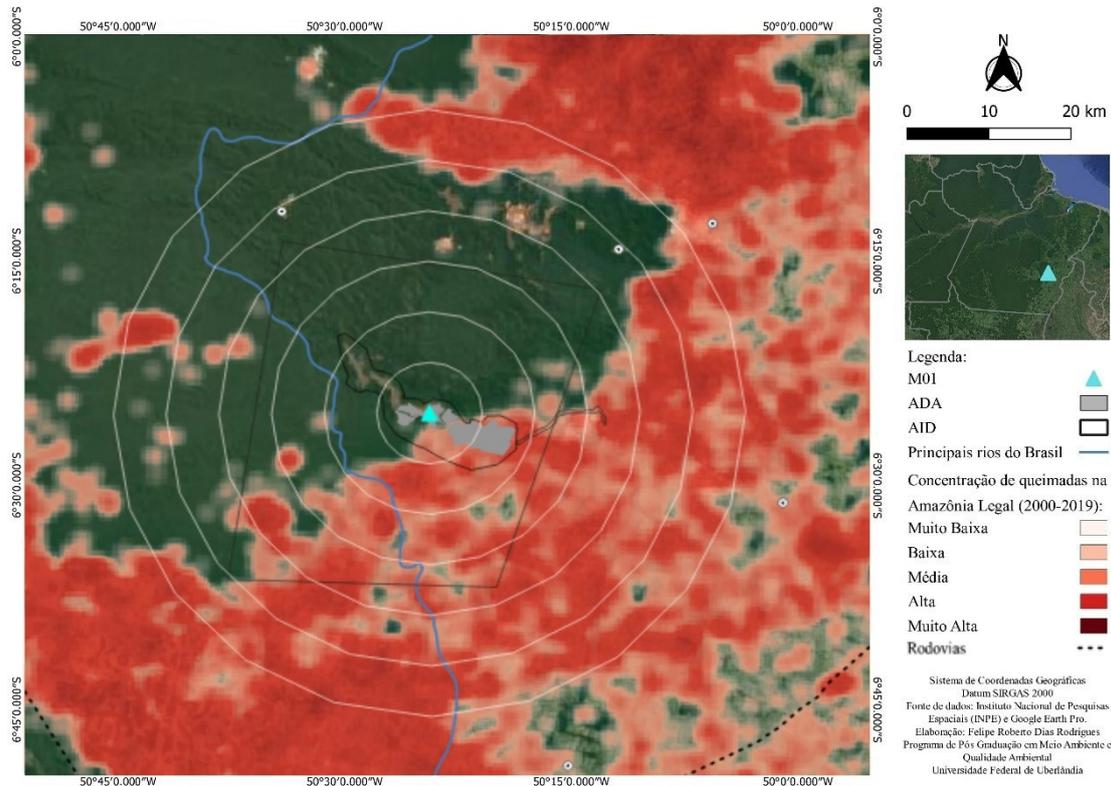
Figura 26: Quantidade de focos de queimadas anualmente, para cada um dos empreendimentos estudados.



Fonte: O Autor.

As Figuras 27, 28, 29, 30 e 31 mostram as concentrações totais de queimadas no entorno de cada empreendimento. Após cada Figura haverá a descrição do que pode ser observado na imagem. O centro de cada raio é indicado pelo triângulo colorido.

Figura 27: Concentração total de queimadas nos raios de M01.

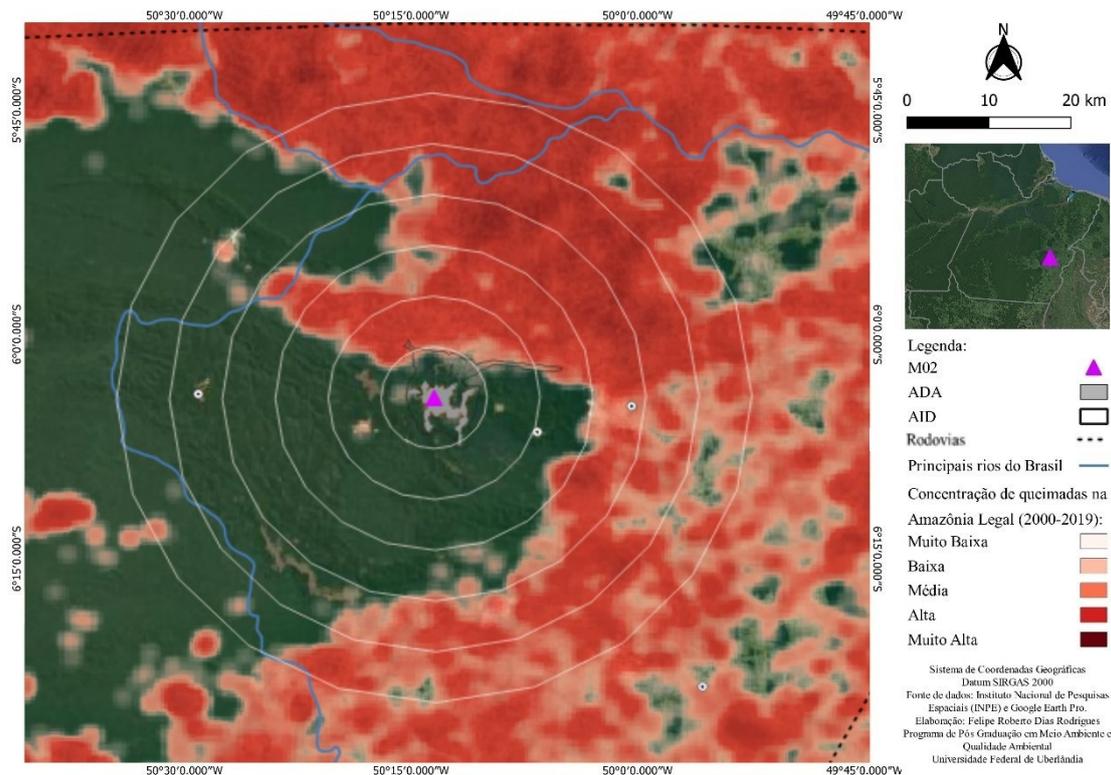


Fonte: O Autor.

A partir da Figura 27 nota-se que a maior ocorrência de queimadas, nessa região, ocorreu ao sul da mineradora. Ao comparar-se a Figura 27 com a 25, a concentração de focos de queimadas para este empreendimento é mais alta nos primeiros raios em relação aos demais. Do raio de 10 km para o de 20 km houve uma taxa de 10 vezes mais ocorrência de queimadas na região, enquanto para os raios posteriores, até 60 km, a variação foi em média 1,7 vezes maior. Entretanto, os raios mais distantes ainda registram as maiores quantidades de focos encontrados no entorno deste empreendimento, totalizando 2944 queimadas somente no raio de 60 km e 6492 focos ao total.

A concentração total de queimadas, disposta em raios, para o empreendimento M02 é mostrada na Figura 28. O centro do raio é representado na Figura pelo triângulo preenchido. Nesta Figura percebe-se que o tamanho das áreas do empreendimento M02 é expressivamente menor que M01, conseqüentemente, o raio de 30 km conseguiu englobar toda a ADA e a AID. Esse empreendimento é caracterizado por uma alta quantidade de focos de queimadas, principalmente nos setores norte, leste e sul, sendo um dos que apresentou maior número de focos acumulados registrado no período estudado.

Figura 28: Concentração total de queimadas nos raios de M02.



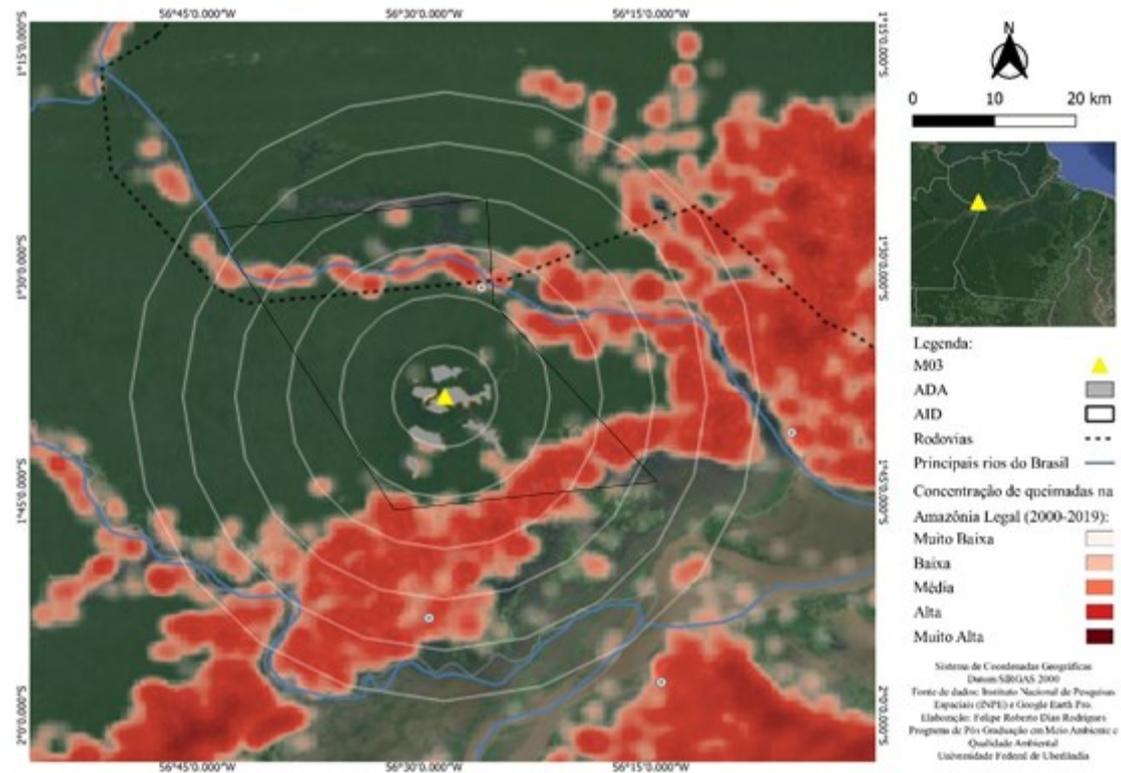
Fonte: O Autor.

Ao comparar a Figura 28 com a 25, verifica-se que a concentração de focos de queimadas para este empreendimento também é mais alta nos primeiros raios em relação aos demais, apresentando um dos maiores valores encontrados. Do raio de 10 km para o de 20 km houve uma taxa de 55 vezes mais ocorrência de queimadas na região, enquanto que para os raios posteriores, até 60 km, a variação foi em média, 1,5 vezes maior. Entretanto, os raios mais distantes ainda registram as maiores quantidades de focos encontrados no entorno deste empreendimento, totalizando 3574 queimadas somente no raio de 60 km e 10930 focos ao total.

A concentração total de queimadas, disposta em raios, para o empreendimento M03 é mostrada na Figura 29. O centro do raio é representado na Figura pelo triângulo preenchido. Ao comparar essa figura com a Figura 25, nota-se que a concentração de focos de queimadas para este empreendimento é mais alta no segundo raio quando comparada com os demais raios que apresentaram valores menores. Do raio de 20 km para o de 30 km houve uma taxa de 47 vezes mais ocorrência de queimadas na região quanto comparado com o anterior, que foi 3,6, enquanto para os raios posteriores, até 60 km, a variação foi em média, 1,1 vezes maior. Entretanto, os raios mais distantes ainda registram as maiores quantidades de focos encontrados

ao entorno deste empreendimento, totalizando 1043 queimadas somente no raio de 60 km e 3703 focos ao total.

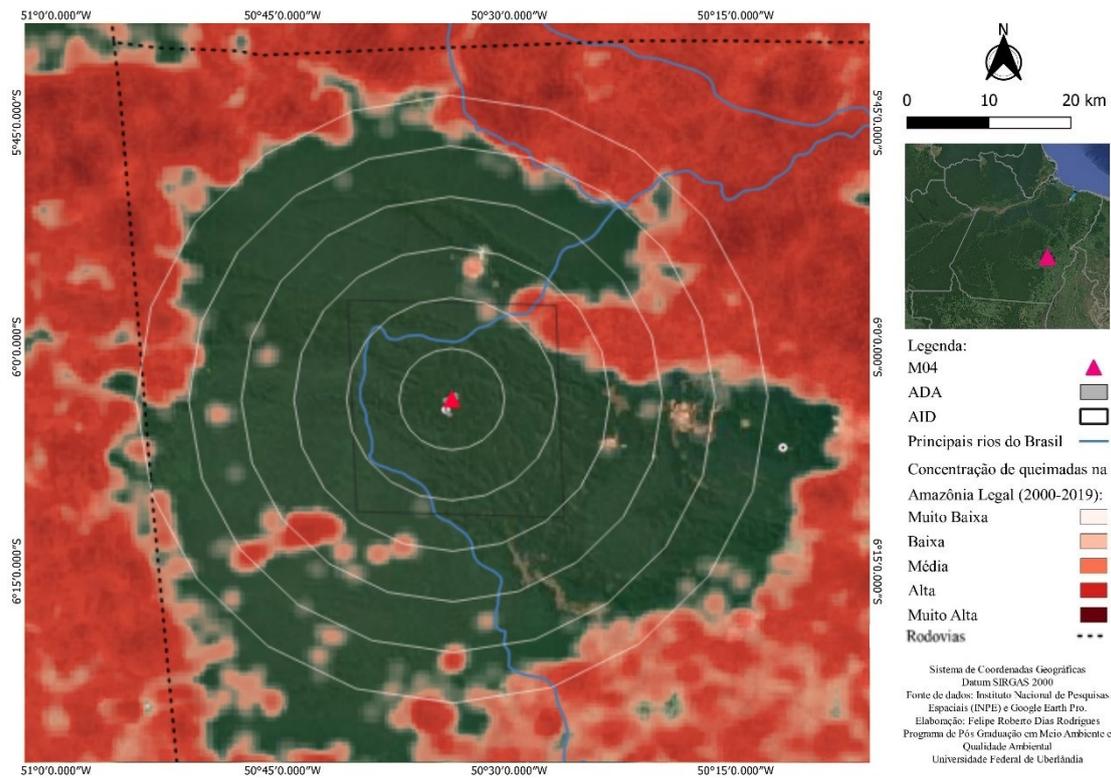
Figura 29: Concentração total de queimadas nos raios de M03.



Fonte: O Autor.

A concentração total de queimadas, disposta em raios, para o empreendimento M04 é mostrada na Figura 30. O centro do raio é representado na Figura pelo triângulo colorido.

Figura 30: Concentração total de queimadas nos raios de M04.



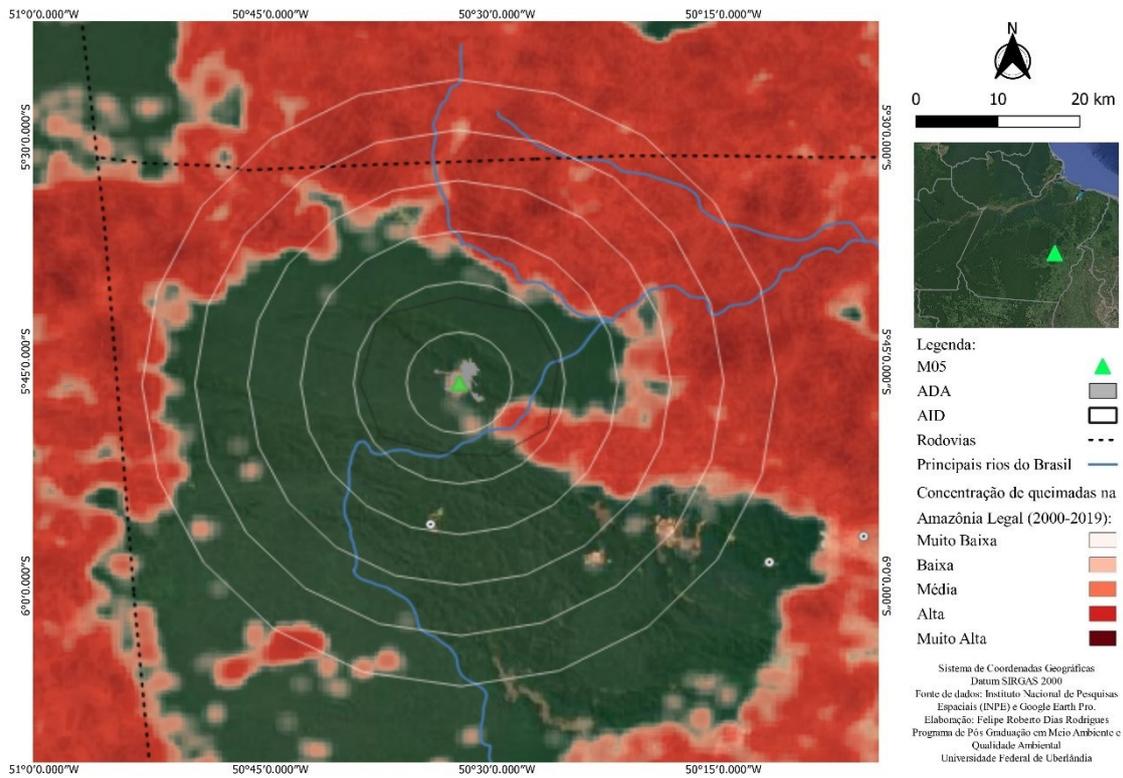
Fonte: O Autor.

O empreendimento M04 (Figura 30) encontra-se no centro da distribuição dos focos de queimadas, sendo que, somente no raio de 60 km verificou-se uma elevada quantidade de queimadas no entorno da mineradora (2320 focos).

Esse elevado número de focos detectado no raio de 60 km, justifica-se pelo aumento de queimadas nas extremidades do raio, como demonstrado na Figura 30. Na região de ADA, entretanto, não foram registradas queimadas relacionadas aos anos do estudo. Ao comparar essa Figura 30 com a Figura 25 percebe-se que a concentração de focos de queimadas para este empreendimento é mais alta no segundo raio em relação aos demais que registraram valores menores. Do raio de 20 km para o de 30 km houve uma taxa de 64 vezes mais ocorrência de queimadas na região quanto comparado com o anterior que foi 3 de vezes, enquanto para os raios posteriores, até 60 km, a variação foi em média, 3,2 vezes maior.

O empreendimento M04 é o único que apresenta uma diminuição na variação de queimadas entre os raios. Do raio de 40 km para o de 50 km há uma taxa de 0,9 vezes, ou seja, no raio de 40 km foram encontrados 413 focos e queimadas e no de 50 km somente 353. A concentração total de queimadas, disposta em raios, para o empreendimento M05 é mostrada na Figura 31. O centro do raio é representado na Figura pelo triângulo colorido.

Figura 31: Concentração total de queimadas nos raios de M05.



Fonte: O Autor.

Para o empreendimento M05, foram encontradas as maiores taxas de queimadas identificadas pelo presente estudo. Ao total, foram mais de 11000 focos registrados ao entorno dessa mineradora, sendo que a maior taxa de concentração de queimadas (mais de 5000) foi encontrada ao entorno do raio de 60 km do empreendimento.

Comparando-se a Figura 31 com a Figura 25, a concentração de focos de queimadas para este empreendimento é mais alta nos dois primeiros raios quando comparada com os posteriores, que apresentaram valores menores. Do raio de 10 km para o de 20 km houve um aumento de 8,3 vezes, enquanto do de 20 km para o de 30 km houve uma taxa de, aproximadamente, 6 vezes maior de ocorrência de queimadas na região. Já os raios posteriores apresentam valores menores, com uma média de 2,3 vezes.

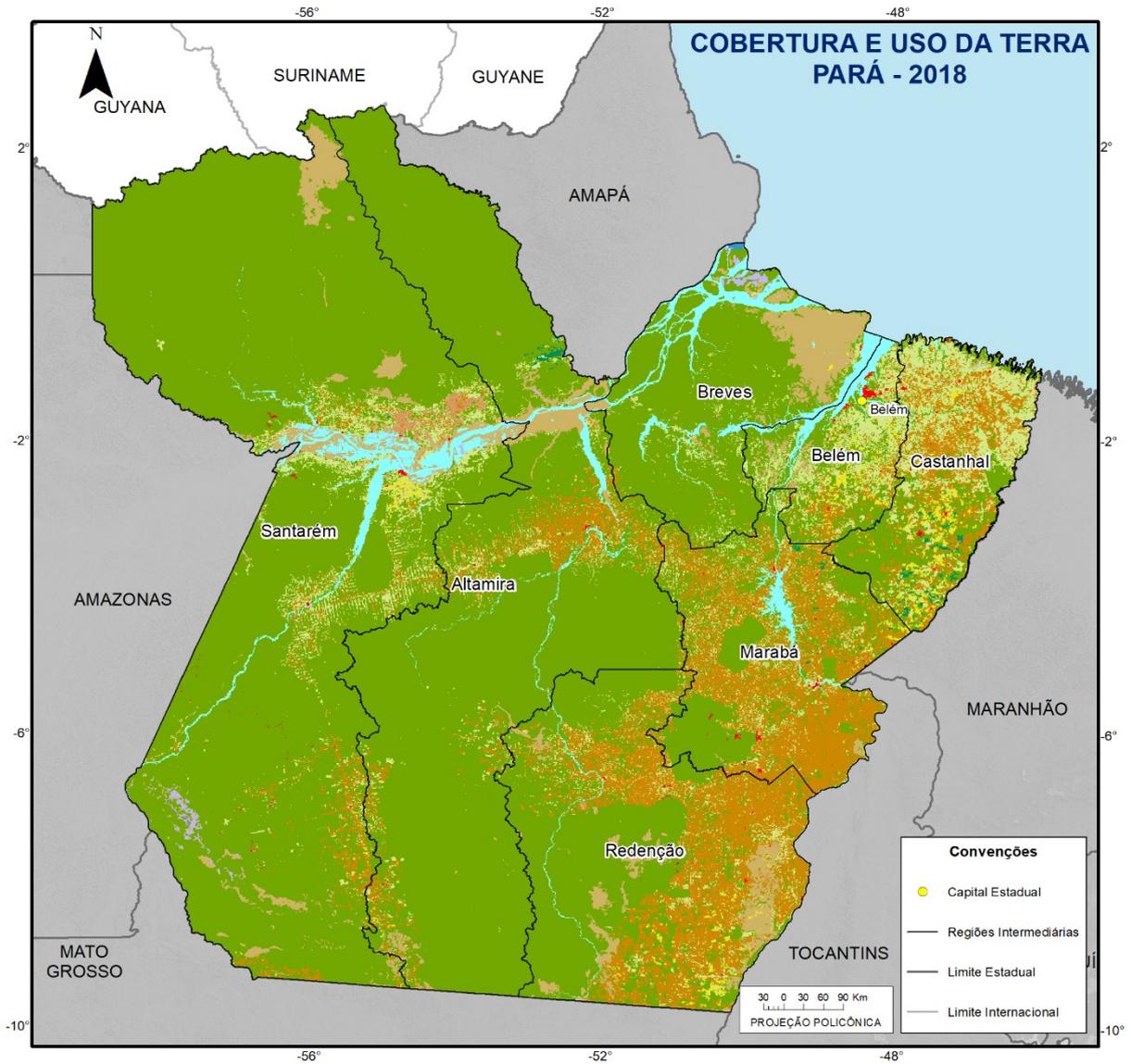
Conforme mostrado nas figuras, pode-se perceber que os focos de queimadas não estão distribuídos em todas as áreas das circunferências dos empreendimentos, mas sim concentrados em algumas regiões. Isso pode indicar que deve haver alguma atividade, nestes locais, que contribua para a ocorrência de queimadas perto das mineradoras.

4.4 Relação entre mineração e queimadas na Amazônia Legal

Das cinco mineradoras estudadas, quatro localizam-se na região sudeste do Pará (M01, M02, M04 e M05), uma das áreas mais atingidas por focos de queimadas do estado. De acordo com Fearnside (1997) e Santos (2017), as queimadas aumentaram nas regiões sudeste e sudoeste no estado do Pará, desde a década de 1970, quando os Planos de Desenvolvimento da Amazônia (PDA) foram direcionados para favorecer a implantação de grandes projetos agrícolas e pecuários na floresta.

Comparando-se o mapa de uso e ocupação do solo (Figura 32), do Estado do Pará, com a localização dos 5 empreendimentos em um recorte do mesmo mapa (Figura 33), percebe-se que todos encontram-se em áreas cujo uso do solo é classificado como “Área Artificial” segundo a classificação do IBGE (2018), ou seja, áreas onde predominam superfícies antrópicas não-agrícolas, incluindo a exploração e/ou extração de substâncias minerais.

Figura 32: Cobertura e uso da terra no Estado do Pará (2018).

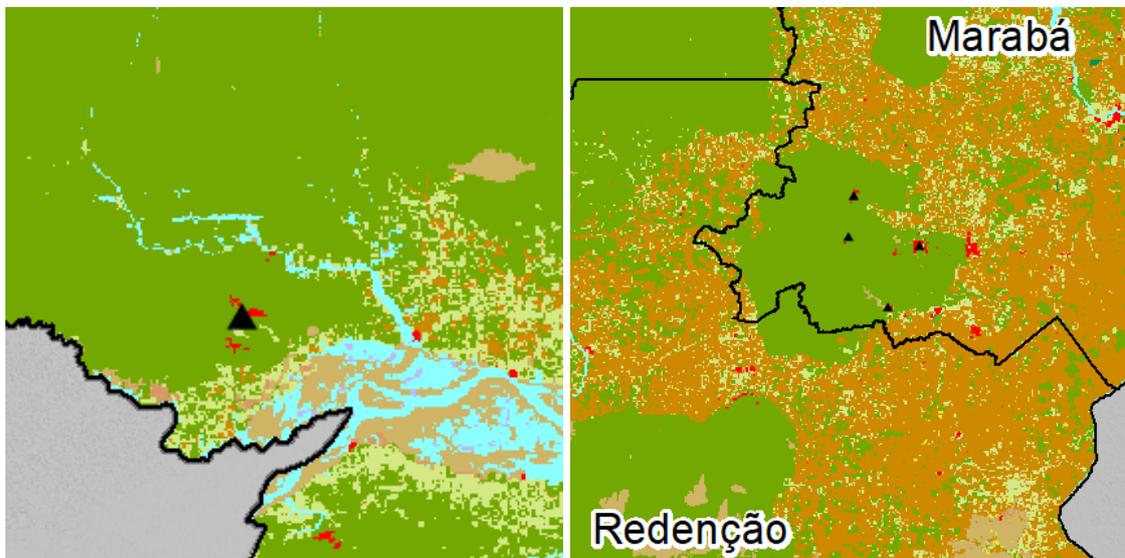


Classes de Cobertura e Uso da Terra

- | | |
|---|--|
| ● Área Artificial | ● Área Agrícola |
| ● Pastagem com Manejo | ● Mosaico de ocupações em Área Florestal |
| ● Silvicultura | ● Vegetação Florestal |
| ● Área Úmida | ● Vegetação Campestre |
| ● Mosaico de ocupações em Área Campestre | ● Corpo d'Água Continental |
| ● Corpo d'Água Costeiro | ● Área Descoberta |

Fonte: IBGE, 2018.

Figura 33: Cobertura e uso da terra no Estado do Pará (2018 - recorte). Os triângulos marcados na cor preta representam as localizações das mineradoras estudadas.



Fonte: IBGE, 2018.

Com o mapa de uso e ocupação do solo é possível verificar em quais classes de cobertura as queimadas ocorreram com maior frequência. Nas Figuras 32 e 33 observam-se as regiões denominadas “Pastagem com Manejo”, “Corpo D’água” e “Mosaico de Ocupação em Área Florestal” e foram aquelas onde se identificaram as maiores ocorrências de queimadas no entorno dos empreendimentos estudados.

De acordo com o IBGE (2018), “Pastagem com Manejo” são as áreas destinadas ao pastoreio do gado e outros animais, apresentando interferência antrópica de alta densidade. Por outro lado, o “Mosaico de Ocupação em Área Florestal” é a área caracterizada por ocupação mista de área agrícola, pastagem e/ou silvicultura associada ou não a remanescentes florestais, na qual não é possível uma individualização de seus componentes.

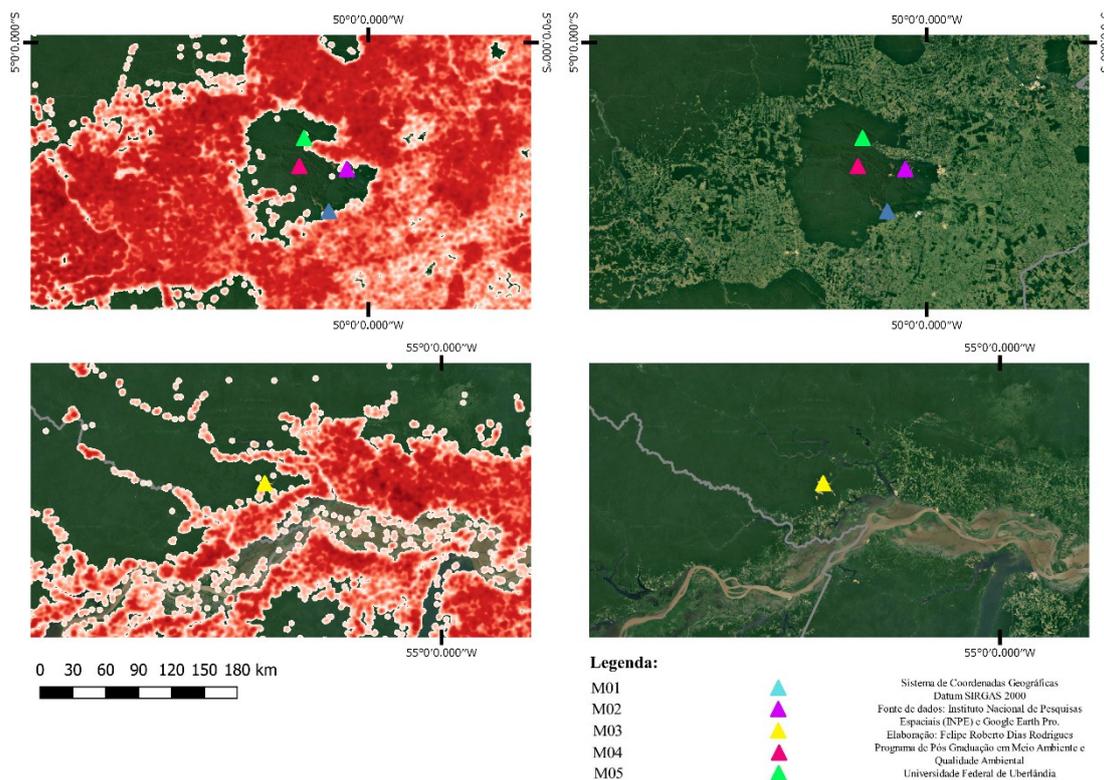
O aumento das queimadas seria decorrente da expansão da agricultura e da pecuária na Amazônia Legal e não, propriamente dito, proveniente dos empreendimentos minerários. Rego e Kato (2017) obtiveram como resultado dos seus estudos que a expansão da agricultura em larga escala e a pecuária estão atreladas às atividades de corte e à queima da vegetação como principal forma de preparo e obtenção de áreas para o cultivo, consequentemente, o número de queimadas tende a aumentar quando essas práticas são realizadas.

Também foi possível verificar que a relação entre a mineração e as queimadas encontrada no trabalho é oposta à Figura 6, apresentada anteriormente (página 52). De acordo com Ferreira (2001), quanto mais próximo às estradas, maior a porcentagem de ocorrência de

queimadas na região da Amazônia Legal. Já no presente estudo, quanto mais próximo das mineradoras, menor a ocorrência de focos na região. Entretanto, não há indícios de que a preservação da floresta no entorno dos empreendimentos é proporcionada pela mineradora.

Esta pesquisa, então, corrobora com o que foi apontado nas referências mencionadas, visto que os focos de queimadas analisados próximos às mineradoras M01, M02, M04 e M05 podem sugerir maior relação com outras atividades de uso e ocupação do solo do que com os efeitos causados pela mineração. A Figura 34 mostra a distribuição de queimadas total, ao longo dos anos, e a área de floresta desmatada localizada próximo às mineradoras M01, M02, M03, M04 e M05. Nota-se que a vegetação mais escura é área de floresta remanescente e a área mais clara é onde a floresta já foi cortada.

Figura 34: Comparação entre a distribuição de focos de queimadas e área desmatada para cada um dos empreendimentos estudados.



Fonte: O Autor.

A partir da análise da Figura 34 é possível verificar a relação entre as queimadas com o desmatamento, não sendo possível afirmar se este desmatamento possui relação direta com a mineração. Essa perda de floresta é salientada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019), onde é apresentado que 80% do desmatamento na Amazônia brasileira é decorrente da

agricultura e pecuária extensiva, seguido de focos de queimadas. Santos, Silva e Guimarães (2020) e Santos *et al.* (2017) também encontraram essa relação em seus estudos, afirmando que quando há o aumento dos focos de queimadas há também o aumento do desmatamento, ou seja, o desmatamento na Amazônia tem uma forte conexão com a ocorrência das queimadas.

Além das florestas, as queimadas e o desmatamento também estão presentes nas margens dos leitos dos rios e lagos. O empreendimento M03 apresentou vários focos de queimadas ao Norte, perto do rio Paru do Oeste, e ao Sul, onde estão localizadas várias lagoas. Souza (2017) e Pinto (2018) constataram em seus estudos que ao se analisar alterações ambientais em corpos hídricos provocadas por grandes empreendimentos, os impactos diretos sobre o meio físico provocam variados impactos negativos indiretos sobre o meio biológico e, também, sobre o meio socioeconômico.

Segundo Alves *et al.* (2020), as queimadas e o desmatamento em regiões de corpos hídricos contribuem para a redução da proteção do solo, aumento de processos erosivos, aumento da perda de solo, assoreamento do rio, aumento da incidência de inundações, aumento da concentração de sólidos dissolvidos na água, redução da qualidade da água, redução da disponibilidade de água para consumo humano, degradação da paisagem, perda de biodiversidade associada ao rio, dentre outros.

Sendo assim, é possível concluir que não há relação direta entre os empreendimentos de mineração licenciados e as queimadas que acontecem na Amazônia legal, sendo necessários outros estudos, que busquem formas de verificar que essa relação realmente exista. Isto porque há vários processos de uso e ocupação do solo acontecendo ao mesmo tempo nos entornos dos empreendimentos, o que dificulta estudar os efeitos de forma individual. Entretanto, esses empreendimentos podem causar a indução indireta de focos de queimadas, como por exemplo o incentivo ao desmatamento nas regiões.

Próximo ao empreendimento M02 está localizado o núcleo urbano de Carajás, a aproximadamente 12 km de distância, podendo ser considerado um indutor indireto de queimadas nessa região, devido ao número de funcionários da M02 que habitam nesse local. De acordo com seu EIA, o Núcleo Urbano de Carajás possui licença ambiental específica, a LO Nº 906/2010, e 4780 moradores em 1372 residências.

As rodovias, pequenas estradas de terra (legais ou ilegais), ferrovias ou hidrovias, também podem induzir às queimadas. Infelizmente, não há arquivos ou registros listando ou mostrando a existência dessas estradas menores no entorno dessas mineradoras. Freitas (2010) comparou os pontos de focos de queimadas nas imagens de satélite com o mapa rodoviário e na sua conclusão foi possível identificar vários pontos de focos de queimadas nas

proximidades das rodovias. Ou seja, as mineradoras podem causar a indução indireta às queimadas a partir da construção de estradas e rodovias para acesso.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu identificar como ocorreu a distribuição de queimadas na Amazônia Legal nos últimos anos, observando espacialmente os seus padrões de distribuição e mostrando a densidade de ocorrências no entorno dos empreendimentos analisados.

Foi possível verificar que no banco de dados do IBAMA foram encontrados 35 empreendimentos minerários que estão localizados nos limites da Amazônia Legal, sendo que, com os pré-requisitos propostos pelo presente estudo, somente 5 se enquadram para a pesquisa, todos localizados no estado do Pará. Com isso, pode-se perceber uma carência de informações disponível nos documentos presentes no site do IBAMA, sendo que algumas informações básicas sobre os empreendimentos, como localização, estudos ambientais realizados e, até mesmo, em que fase se encontra o processo de licenciamento ambiental, estão em falta e deveriam estar disponíveis para a consulta pública da população. Além disso, foi observado que nenhum dos estudos das mineradoras prevê a indução de queimadas para qualquer fase do licenciamento, o que leva ao entendimento de que não serão tomadas medidas mitigatórias caso alguma delas induzam incêndio nos perímetros de suas ADA e AID.

Foi possível verificar a distribuição das queimadas, nas áreas analisadas, a partir dos dois métodos aplicados. No primeiro, que levou em consideração as ADA e AID dos empreendimentos, foi possível perceber que a ocorrência dos focos foi mais predominante na AID do que nas ADA das mineradoras. Dessa forma, é possível concluir que as queimadas registradas nas ADA são de responsabilidade das mineradoras, caso estas já estivessem licenciadas nos momentos das ocorrências. Já as queimadas ocorridas nas AID podem ou não ter relação.

Já para a análise de raios, foi possível perceber que os focos de queimadas não estão distribuídos em todas as áreas das circunferências dos empreendimentos, mas sim concentrados em algumas regiões. Isso pode indicar que deve haver alguma atividade, nestes locais, que contribua para a ocorrência de queimadas nas proximidades das mineradoras.

Dessa forma, focos de queimadas analisados próximos às mineradoras podem sugerir maior relação com outras atividades de uso e ocupação do solo do que com os efeitos causados pela mineração. Sendo assim, não é possível concluir que há relação direta entre os empreendimentos de mineração e as queimadas que acontecem na Amazônia legal. Entretanto, essa pesquisa não refuta a possibilidade de que esses empreendimentos possam causar a indução indireta de focos de queimadas.

Próximo aos empreendimentos estão localizadas vilas para os trabalhadores morarem, rodovias, pequenas estradas de terra (legais e ilegais), ferrovias, hidrovias, e todos estes fatores podem levar à indução de queimadas. Verifica-se a necessidade de outros estudos acerca das queimadas, sua origem e consequências para o meio ambiente, visto que não foram encontrados outros estudos que as relacionem com as mineradoras. Uma vez que os empreendimentos minerários não sejam os causadores diretos de focos de queimadas na Amazônia Legal, estes podem levar a incidência de queimadas de maneira indireta, como a construção de estradas e núcleos urbanos, dentre outros.

Sendo assim, espera-se que outros estudos ambientais sejam realizados, visando maior compreensão dos problemas, avaliando também a operação de empreendimentos minerários não legalizados e apontando possíveis caminhos que levem a preservação e conservação do meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. IBRAM: **Produção de minério em 2019 caiu, mas faturamento cresceu**. Disponível em: < <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-02/ibram-producao-de-minerio-em-2019-caiu-mas-faturamento-cresceu>>. Acesso em 17 de abril de 2020.

ANM (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO). **Informe Mineral - 1º/2019. 2019**. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes-nacionais/informe_mineral_1_2019.pdf>. Acesso em 17 de abril de 2020.

AHRENS, S. O **"Novo" Código Florestal Brasileiro: conceitos jurídicos fundamentais**. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/anexos/26462-264641-PB.pdf>>. Acesso em: 16 de abril de 2020.

ALMEIDA, I. T. de. **A Poluição Atmosférica por Material Particulado na Mineração a Céu Aberto**. 1999.

ALVES, R. Concentração no setor se mantém. **Revista Brasil Mineral**. Ano XXXVI, n,392, p.20-21. jul. 2019.

ALVES, C. Aerossóis atmosféricos: perspectiva histórica, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 859-870, Oct. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000500025>

ALVES, L. C.; FIGUEIREDO, A. L. A. de; LOPES, T. S.; MARCHIORI, J. J. de P.; GARRIDO, F. de S. R. G. G.; ALMEIDA, F. S. de. Degradation of the Paraíba do Sul river in the municipality of Três Rios: causes and consequences. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. 14(2): 248-259, abr/jun (2020). 11p.

AMPLO ENGENHARIA E PROJETOS. 2010. **Estudo de Impacto Ambiental - Projeto Ferro Serra Norte - Mina N4 e N5 Estudo Global das Ampliações. Amplo Treinamento e Consultoria**. Belo Horizonte: s.n., 2010. p. 563, Estudo de Impacto Ambiental.

ANDRADE FILHO, V. S. de et al. Distribuição espacial de queimadas e mortalidade em idosos em região da Amazônia Brasileira, 2001 - 2012. **Ciênc. Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 245-253, jan. 2017. <https://doi.org/10.1590/1413-81232017221.09622015>

ANDREAE, M.O., ATLAS, E., CACHIER, H., COFER, W.R., HARRIS, G.W., HELAS, G., KOPPMANN, R., LACAUX, J.-P., WARD, D.E. **Trace gas and aerosol emissions from savanna fires. Biomass Burning and Global Change**, edited by J.S. Levine, p. 278-295, 1996a.

ANDREAE, M.O., ATLAS, E., HARRIS, G.W., HELAS, G., KOPPMANN, W., MANÕ, S., POLLOCK, W.H., RUDOLPH, J., SCHAEFFE, D., SCHEBESKE, G., WELLING, M. Methyl halide emissions from savanna fires in Southern Africa. **Journal Geophys Res.**, v. 101, p. 23603-23601, 1996b. <https://doi.org/10.1029/95JD01733>

APARECIDA, R., et al. **Histórico e conceitos do Código Florestal de 1965**. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/58371/historico-e-conceitos-do-codigo-florestal-de-1965>>. Acesso em 10 de julho de 2020.

ARAUJO, E. R., FERNANDES, F. R. C. **Mineração no Brasil: Crescimento Econômico e Conflitos Ambientais**. 2011.

ARAUJO, E. R., OLIVIERI, R. D., FERNANDES, F. R. C. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. In **Recursos Minerais e Sociedade: impactos humanos - socioambientais - econômicos**. 2014. (pp. 0-12).

ARNT, R. Um Artificio Orgânico: Transição na Amazônia e Ambientalismo. São Paulo: Rocco, 1992, p. 96.

ARPA - **PROGRAMA ÁREAS PROTEGIDAS DA AMAZÔNIA**. 2012. Disponível em: <<http://arpa.mma.gov.br/wp-content/uploads/2012/10/arpaBiodiversidade.pdf>> Acesso em 15 de abril de 2020.

ARTAXO, P., et al. EFEITOS CLIMÁTICOS DE PARTÍCULAS DE AEROSSÓIS BIOTÓGICOS E EMITIDOS EM QUEIMADAS NA AMAZÔNIA Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / INPE, Rodovia Presidente Dutra, km 40, CEP 12630-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil. 168-189. 2016.

ARTAXO, P.; RODRIGUES, D. **As Bases Científicas das Mudanças Climáticas**. In: Joana Setzer, Kamyla Cunha, Amália Botter Fabbri. (Org.). Livro Litigância climática no Brasil. 1 ed. São Paulo: Editora Thomson Reuters - Revista dos Tribunais, 2019, v. 1, p. 12-19.

AZAMAR-ALONSO, A. Extractivismo Corporativista En México: Minería En Guanajuato. *Economía y Sociedad, Heresia*, v. 24, n. 55, p. 72-91, June 2019. <http://dx.doi.org/10.15359/eyes.24-55.5>.

BARBER, C. P., COCHRANE, M. A., SOUZA, C. M. J., LAURANCE, W. F. (2020). Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. **BIOLOGICAL CONSERVATION**, 177(2014), 203-209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>

BARCELLOS, E. A. DE, LIMA, M. H. M. R. (2002). **Mineração e Desflorestamento na Amazônia Legal**. 56-66.

BMNT. **World Mining Data 2019**. Vienna, abr. 2019. Disponível em: <<https://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2019.pdf>>. Acesso em 17 de abril de 2020.

BRAGA, J. V. **Deteção de Áreas Queimadas Através de Séries Temporais MODIS no Intermédio da RPPN Serra do Tombador e o Parque Nacional Chapada dos Veadeiros - GO**. 2013.

BRASIL. Lei 4771/1965. **Código Florestal Brasileiro** [online]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/L4771.htm>. Acesso em 16 de abril de 2020.

BRASIL. **Decreto nº 74.607, de 25 de setembro de 1974. Dispõe sobre a criação do Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (POLAMAZÔNIA)**. Senado Federal - Secretaria de Informação Legislativa. Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/legislacao/federal/58079-dispue-sobre-a-criaauuo-do-programa-de-polos-agropecuarios-e-agrominerais-da-amazonia-poloamazonia.html>>. Acesso em 20 de abril de 2020.

BRASIL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA IBAMA Nº 152**, de 17/01/2007. Disponível em: <http://snif.florestal.gov.br/images/pdf/legislacao/normativas/in_ibama_152_2007.pdf>. Acesso em 30 de julho de 2020.

BRASIL. **Política Nacional de Meio Ambiente, lei Federal 6.938/81, 1981**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938compilada.htm>. Acesso em 16 de abril de 2020.

BRASIL. **Resolução Conama 237. (1997). Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Licenciamento Ambiental**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em 18 de setembro de 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.605 de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de lei de crimes ambientais, condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (Lei de Crimes Ambientais)**. 1998.

BRASIL. **Indicações para uma nova estratégia de desenvolvimento regional. Brasília, Universa**. 1997.

CASTELO, T. B. LEGISLAÇÃO FLORESTAL BRASILEIRA E POLÍTICAS DO GOVERNO DE COMBATE AO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL. **Ambient. soc.**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 221-242, Dec. 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1216V1842015>

CAPOBIANCO, J. P. "Artigo-Base sobre Biomas Brasileiros". In: **Meio Ambiente Brasil: Avanços e Obstáculos pós-Rio-92**. São Paulo: Estação Liberdade, 2002, p. 121.

CARMO, C. N.; et al. Distribuição espacial de queimadas e mortalidade em idosos em região da Amazônia Brasileira, 2001 - 2012. **Ciênc. Saúde colet.** 22 (1) Jan 2017.

<https://doi.org/10.1590/1413-81232017221.09622015>

CHAGAS, M.; VASCONCELOS, E. **Licenciamento ambiental e desenvolvimento sustentável: possíveis integrações para territórios singulares na Amazônia brasileira.**

GOT, Porto, n. 17, p. 05-28, Jun. 2019. <https://doi.org/10.17127/got/2019.17.001>

CRUTZEN, P.J., ANDREAE, M.O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, v. 250, p. 1669-1678, 1990

<https://doi.org/10.1126/science.250.4988.1669>

CUNHA, H. B.; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos rios da Amazônia. Manaus: Governo do Estado do Amazonas;** Secretaria de Estado da Cultura; CCPA. 2009. 160 p.

DE PAULA, G. M. Consolidando Posições na mineração. Minas Gerais do Século XXI. Belo Horizonte; **Rona Editora**, 2002.

DEMATTÊ, J.L.I.; DEMATTÊ, J.A.M. **Manejo de solos e produtividade agrícola.** In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 13. 1996. Anais... Embrapa: Águas de Lindóia, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Anuário Mineral Brasileiro 2017.** Disponível em: < http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_metalicos2017>. Acesso em 20 de abril de 2020.

DRUMMOND, J. A. A extração sustentável de produtos florestais na Amazônia brasileira: vantagens, obstáculos e perspectivas. **Revista Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 115-137, 1996.

EDWARDS, P. Entangled histories: climate science and nuclear weapons research. **Bulletin of the Atomic Scientists**, 68, 4, p. 28-40, 2012. <https://doi.org/10.1177/0096340212451574>

ELLER, J. **Focos de queimadas na Amazônia crescem 30% em 2019.** Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/focos-de-queimadas-na-amazonia-crescem-30-em-2019-1-24176803>>. Acesso em 21 de abril de 2020.

ESPINDOLA, H. S.; NODARI, E. S.; SANTOS, M. A. dos. Rio Doce: riscos e incertezas a partir do desastre de Mariana (MG). **Rev. Bras. Hist.**, São Paulo, v. 39, n. 81, p. 141-162, Aug. 2019. <https://doi.org/10.1590/1806-93472019v39n81-07>

FEARNSIDE, P. M. Limiting factors for development for agriculture and ranching in Brazilian Amazonian. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, n.4, p. 531-549, 1997.

EARNSTIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. B. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 95-111, may 2013. ISSN 1982-8470.

<https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i1.971>

FERREIRA, A. P. et al. **Uso de Leguminosas Arbóreas Fixadoras de Nitrogênio na Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Areia no Polo Produtor de Seropédica/Itaguaí.** (2007).

FERREIRA, L. V., VENTICINQUE, E., ALMEIDA, S. (2005). **O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas.** *Estudos Avançados*, 19(53), 157-166.

<https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000100010>

FERREIRA, L. V. "**Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade por meio da representatividade das unidades de conservação e tipos de vegetação nas ecorregiões da Amazônia brasileira**", em Capobianco, J. P. R. (ed.).

Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. São Paulo, Instituto Socioambiental, 2001, pp. 268-286.

FISCH, G., MARENGO, J. A., NOBRE, C. A. (1992). **Clima da Amazônia.**

FONSECA-MORELLO, T. et al. Fires In Brazilian Amazon: Why Does Policy Have A Limited Impact? *Ambient. soc.*, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 19-38, Dec. 2017.

<https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0232r1v2042017>

FOREST GIS. **Download GIS (Base de Dados).** Disponível em: <<http://forest-gis.com/download-gis-base-de-dados/>> Acesso em 29 de julho de 2020.

FREITAS, E. V. de. QUEIMADAS NO BRASIL: ESTUDO SOBRE UMA CAUSA REAL NAS RODOVIAS DO ESTADO DA BAHIA. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*. Junho, 2010 Volume 6, Número 1, 7p.

FREITAS, C. M. de et al. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 35, n. 5, e 00052519, 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00052519>

GREENPEACE. **Desmatamento zero na Amazônia: como e por que chegar lá. 2017.**

Disponível em: <<https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/Desmatamento%20zero%20como%20e%20por%20que%20chegar%20la.pdf>>. Acesso em 14 de setembro de 2020.

GOLDBERG, S. **Setor de mineração traça estratégias para a retomada. Valor Econômico.** Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2019/09/09/setor-de-mineracao-traca-estrategias-para-a-retomada.ghtml>> Acesso em 17 de abril de 2020.

GONÇALVES, B.S. (coord.). **Compromisso das Empresas com o Meio Ambiente: a Agenda Ambiental das Empresas e a Sustentabilidade da Economia Florestal**. São Paulo: Instituto Ethos, 2005. Disponível em: <http://www.ethos.org.br/_Uniethos/Documents/meio_ambiente.pdf>. Acesso em 16 de abril de 2020.

HACKNEY, C.R., DARBY, S.E., PARSONS, D.R. et al. River Bank Instability from Unsustainable Sand Mining in the Lower Mekong River. **Nature Sustain**. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0455-3>

IBGE. **Amazônia Legal 2014**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em 03 de fevereiro de 2020.

IBGE. **Mapa Integrado dos Zoneamentos Ecológico-Econômicos dos Estados da Amazônia Legal**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/mapas_doc5.shtm, 2020. Acesso em 15 de abril de 2020.

IBGE. **Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra no Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/monitoramento_cobertura_uso_terra/v1/> Acesso em 01 de outubro de 2020.

INPE. **Banco de dados de queimadas**. Disponível em: <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>> Acesso em 27 de abril de 2020.

INPE. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 10 de julho de 2020.

INPE. **Satélites e Sensores**. 2016. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/3-Satellites_e_Sensores.pdf>. Acesso em 26 de julho de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Novo Código Florestal: entenda o que mudou**. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/novo-codigo-florestal-entenda-o-que-mudou>>. Acesso em 16 de abril de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **As Principais Leis Ambientais no Brasil**. Disponível em: < <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/leis-ambientais>>. Acesso em 16 de abril de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Gestão e Manejo de Rejeitos de Mineração**. 2017. Disponível em: < <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf>>. Acesso em 20 de abril de 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA (IPAM). **A importância das florestas em pé na Amazônia**. Disponível em: <<https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/a-importancia-das-florestas-em-pe/>>. Acesso em 15 de abril de 2020

JÚNIOR, G. B. M., CONTINI, E., NAVARRO, Z. **Caracterização da Amazônia Legal e macrotendências do ambiente**. 2011.

JUNK, W.J. Recursos hídricos da região amazônica: utilização e preservação. **Acta Amazonica**, n. 9, pp. 37-51. 1983. <https://doi.org/10.1590/1809-43921979094s037>

JUSTICE, C. O., TOWNSHEND, J. R. G., VERMOTE, E. F., MASUOKA, E., WOLFE, R.E., SALEOUS, N., ROY, D. P., MORISETTE, J. T. (2002). An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sens. Environ.** 83: 3 -15. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00084-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00084-6)

KHANNA, J. et al. Regional dry-season climate changes due to three decades of Amazonian deforestation. **Nature**. 2017, 7p. <https://doi.org/10.1038/nclimate3226>

LATORRE, M. L. et al. SENSOR MODIS: CARACTERÍSTICAS GERAIS E APLICAÇÕES. **Espaço & Geografia**, Vol.6, no 1 (2003), 91:121. 2003.

LEITE, A. L. et al. **Atividade Mineradora e Impactos Ambientais em uma Empresa Cearense**. 2017. pp. 7282-7286. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2255>

LOVEGOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon Tipping Point. 2018. Associação Americana para o Avanço da Ciência. **Science Advances**. 2p. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>

MACEDO, A. B. Recursos minerais não-metálicos. **Estud. av.**, São Paulo, v. 12, n. 33, p. 67-87, Aug. 1998. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141998000200005>

MAGALHÃES, L. **Amazônia: características do bioma**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/amazonia/>>. Acesso em 15 de abril de 2020.

MANZANO, F. **Queimadas e desmatamento estão relacionados na Amazônia. 2019**. Disponível em: < <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/08/23/queimadas-e-desmatamento-estao-relacionados-na-amazonia-entenda.ghtml>>. Acesso em 22 de abril de 2020.

MARION, C. V. **A QUESTÃO AMBIENTAL E SUAS PROBLEMÁTICAS ATUAIS: UMA VISÃO SISTÊMICA DA CRISE AMBIENTAL**. Disponível em: < <http://coral.ufsm.br/congressodireito/anais/2013/5-4.pdf>>. Acesso em 16 de abril de 2020.

MARTIN, ST; ANDREAE, MO; ARTAXO, P.; BAUMGARDNER, D.; CHEN, Q.; et al. Fontes e propriedades de partículas de aerossóis da Amazônia. **Resenhas de Geofísica**, v. 48, n. RG2002, p. 1-42, 2010.

MAURANO, L. E. P.; ESCADA, M. I. S.; RENNO, C. D. Padrões espaciais de desmatamento e a estimativa da exatidão dos mapas do PRODES para Amazônia Legal Brasileira. **Ciênc. Florest.** Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1763-1775, Dec. 2019.

<https://doi.org/10.5902/1980509834380>

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estud. av.* [online], São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, jan. /fev. /mar. /abr. 2010. Prates, R. C., Bacha, C. J. C. (2011). Os processos de desenvolvimento e desmatamento na Amazônia.

Economia e Sociedade, 3(1), 601-636. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100016>

MELO, A. S. et al. Suscetibilidade do ambiente a ocorrências de queimadas sob condições climáticas atuais e de futuro aquecimento global. **Rev. bras. meteorol.** São Paulo, v. 26, n. 3, p. 401-418, Sept. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862011000300007>

MESQUITA, P. P. D.; CARVALHO, P. S. L.; OGANDO, L. D. **Desenvolvimento e inovação em mineração e metais.** BNDES Setorial. v.43, p.325-361, 2016.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Banco de Informações de Transportes - BIT.** Disponível em: < <http://transportes.gov.br/bit/63-bit/5124->>. Acesso em 29 de julho de 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. PNIA - PAINEL NACIONAL DE INDICADORES AMBIENTAIS - **Indicadores Nacionais.** Disponível em: < https://www.mma.gov.br/pnia/Arquivos/Temas/Atmosfera_e_Mudancas_Climaticas_AMC/1_Mudancas_Climaticas/AMC_1_1/Metadado_AMC_1_1.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Amazônia: Componente Projeto Alternativas ao Desmatamento e às Queimadas,** 2019. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/informma/item/824-amaz%C3%B4nia>> Acesso em 30 de julho de 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Histórico da Mineração Brasileira. 2013.** Disponível em: < https://web.archive.org/web/20140715035112/http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/Novo_Marco_Minera%C3%A7%C3%A3o/Linha_do_tempo.pdf>. Acesso em 18 de novembro de 2020.

MOLION, L.C.B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2(1): 107 - 117, 1987.

MOLION, L.C.B. **Amazonia rainfall and its variability.** In: **Hydrology and water manegement in the humid tropics**". Bonell, M., Hufschmidt, M.M., Gladwell, J.S. (Eds.). International Hydrology Series, Cambrigde University Press, Cambrigde, Reino Unido, p. 99 - 111, 1993. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511564468.012>

MONTEIRO, M. D. A. (2005). Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. **Estudos Avançados**, 19(1987), 187-207.

<https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000100012>

MURRIETA, J. R.; RUEDA, R. P. **Reservas Extrativistas**. Cambridge: UICN; Brasília: CNPT/Ibama, 1995, 133p.

NETO, E. D. C. (2019). **OS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA MINERAÇÃO**.

OLIVEIRA, F. de. "A reconquista da Amazônia". Em D'INCAO, Maria Ângela e SILVEIRA, Isolda Maciel (orgs.). A Amazônia e a crise de modernização. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 1994, pp. 185-96.

OLIVEIRA, W. K. de; ROHLFS, D. B; GARCIA, L. P. O desastre de Brumadinho e a atuação da Vigilância em Saúde. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 28, n. 1, e20190425, mar. 2019.

<https://doi.org/10.5123/S1679-49742019000100025>

OLSON, D. M., E. Dinerstein, et al. The Global 200: a representation approach to conserving the Earth's distinctive ecoregions. **Conservation Science Program**, WWF -US. Washington, D.C, p.181. 2000.

PAIXÃO, MMA **Propriedades ópticas de aerossóis naturais e queimadas da Amazônia**. Dissertação. São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 120, 2011.

PALÁCIOS, R. da S. **INTERAÇÃO ENTRE A RADIAÇÃO SOLAR DIRETA E OS AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS NA AMAZÔNIA**. Disponível em: <<http://www.pgfa.ufmt.br/index.php/br/utilidades/teses/376-rafael-da-silva-pal%C3%A1cios-1/file>>. Acesso em 10 de julho de 2020.

PFAFF, A., BARBIERI, A., LUDEWIGS, T., MERRY, F., PERZ, S., REIS, E. (2009). **Impactos de Estradas na Amazônia Brasileira** (Vol. 186).

PINTO, N.P. **Avaliação dos impactos ambientais e medidas mitigadoras de empreendimentos de mineração a céu aberto no Brasil** / (Monografia de Graduação) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Três Rios, 2018.

PINTO, L. F. **Exploração de Bauxita até 2043**. 2016. Disponível em: <<https://www.oestadonet.com.br/noticia/10520/exploracao-de-bauxita-ate-2043/>>. Acesso em 29 de julho de 2020.

POEMAS. **Antes fosse mais leve a carga: avaliação dos aspectos econômicos, políticos e sociais do desastre da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG)**. 2015. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/poemas/files/2014/07/PoEMAS-2015-Antes-fosse-mais-leve-a-carga-vers%C3%A3o-final.pdf>>. Acesso em 20 de abril de 2020.

PRATES, R. C.; BACHA, C. J. C. Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia. **Econ. soc.**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 601-636, Dec. 2011.

<https://doi.org/10.1590/S0104-06182011000300006>

PREVFOGO. **Comunicação pessoal com servidores da Coordenação Nacional do Prevfogo, março a setembro de 2015**, 2015.

REGO, A. K. C; KATO, O. R. **Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia**. Novos Cadernos NAEA, v. 20, n. 3, p.203-224, set./2017

<https://doi.org/10.5801/ncn.v20i3.3482>

REVISTA DA MADEIRA. **Incêndios causam US\$ 5 bilhões em prejuízo**. 2003. Disponível em:

[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=293&subject=Queimadas &title=Inc%EAandios%20causam%20US\\$%205%20bilh%F5es%20em%20preju%EDzo](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=293&subject=Queimadas&title=Inc%EAandios%20causam%20US$%205%20bilh%F5es%20em%20preju%EDzo).

Acesso em 15 de abril de 2020.

RIBEIRO, A. **Queimadas**. 2003. Disponível em:

<https://www.infoescola.com/ecologia/queimadas/> Acesso em 21 de abril de 2020.

RIBEIRO, L. G. G.; IASBIK, T. A. **The Illegal Garment and Its (In) Significance in the Scope of Environmental Criminal Law**. Revista Argumentum - RA, eISSN 2359-6889, Marília/SP, V. 20, N. 1, pp. 165-184, jan.-abr. 2019.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 207p.

SANTINI. **Estudo reforça ligação entre estradas e desmatamento na Amazônia**. 2016.

Disponível em: <https://www.oeco.org.br/blogs/oeco-data/28557-estudo-reforca-ligacao-de-estradas-e-desmatamento-na-amazonia/>. Acesso em 26 de julho de 2020

SANTOS, K. S; SILVA, D. D; CATETE, C. P; GOMES, A. R; GUIMARÃES, T. F. P. L; GUIMARÃES, R. **Análise espacial dos focos de queimadas no estado do Pará, no período de 2015**. In: 18 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2017, Santos: INPE, 2017. p. 3431-3438.

SANTOS, K. de S.; SILVA, D. D. da; GUIMARÃES, R. J. de P. S. **MULTITEMPORAL ANALYSIS OF FIRE OUTBREAKS AND CLIMATIC VARIABLES, IN THE STATE OF THE PARÁ**. Rev. Geogr. Acadêmica v.14, n.1 (vii.2020). 2020. 16p.

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL. AMN - **Agência Nacional de Mineração**. 2018. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/entidades->

vinculadas/dnpm#:~:text=A%20Ag%C3%A7%C3%A3o,de%20direito%20p%C3%ABAblico%20com%20autonomia>. Acesso em 18 de setembro de 2020.

SERRÃO, E.A.S; FALESI, I.C.; VEIGA, J.B.; TEIXEIRA NETO, J.F. **Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade de áreas de floresta da Amazônia brasileira**. In: SANCHEZ, P.A.; TERGAS, L.E.; SERRÃO, E.A.S. (Ed.) Produção de pastagens em solos tropicais ácidos. Brasília: CIAT/Embrapa, 1982. P.219-251.

SCHIAVO, V. R.; BUSSINGUER, E, C, de A. O licenciamento ambiental como política pública e o poder das empresas. **Opin. jurid.** Medellín, v. 19, n. 38, p. 83-98, June 2020.

<https://doi.org/10.22395/ojum.v19n38a4>

SCHROEDER, W. et al. The Spatial Distribution and Interannual Variability of Fire in Amazonia. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Ed.). **Amazonia and Global Change**. [s.l.] American Geophysical Union, 2010. p. 43-60.

<https://doi.org/10.1029/2008GM000724>

SILVA, A. R. B. **Potencialidades minerais na Amazônia. Boletim da Mineração**. Ano III. Número 20. Brasília/DF: IBRAM, 2008.

SILVA, M. do S. R. da. (2013). **BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AMAZONAS: CONTRIBUIÇÃO PARA O ENQUADRAMENTO E PRESERVAÇÃO**.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Mudança de Uso da Terra e Florestas - Emissões por Setor**. 2019. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/>>. Acesso em 10 de julho de 2020.

SOARES-FILHO, B. S. et al. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estud. av.**, São Paulo, v. 19, n. 54, p. 137-152, Aug. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000200008>

SOARES, K. R et al. Extrativismo e Produção de Alimentos como Estratégia de Reprodução de Agricultores Familiares do Assentamento Seringal, Amazônia Meridional. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 56, n. 4, p. 645-662, Oct. 2018.

<https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560406>

SONTER, L. J. et al. **Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon**. **Nature Commun.** 8, 1013 (2017).

<https://doi.org/10.1038/s41467-017-00557-w>

SOUZA, C. M. de, FILHO, J. D. M. de A. (2018). **MINERAÇÃO NA AMAZÔNIA E O CRESCIMENTO URBANO: O CASO DA CIDADE DE JURUTI-PA**. 2020.

SOUZA, R.F.O. **Análise dos impactos ambientais ocasionados por usinas hidrelétricas no Brasil** / (Monografia de Graduação) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Três Rios, 2017.

STEIDLE NETO, A. J.; LOPES, D. de C. Influence of Atmospheric Aerosols on Evapotranspiration over a Semiarid Region in Northeast Brazil. **Rev. bras. Meteorol.** São Paulo, v. 33, n. 4, p. 677-683, Dec. 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-7786334009>

VERDIANO, A. da S., AEROZA, Á. M. V., JESUS, J. M. de, MOURA, N. E. A., MACHADO, C. C. L. (2017). **Problemáticas da legislação ambiental brasileira**. Disponível em: <<https://jemersonmoreira.jusbrasil.com.br/artigos/469080712/problematicas-da-legislacao-ambiental-brasileira>>. Acesso em 16 de abril de 2020.

VIANA, M. B. de. PANORAMA DO SETOR MINERAL: **LEGISLAÇÃO E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/publicacoes-da-consultoria-legislativa/areas-da-conle/tema14/panorama-do-setor-mineral-e-impactos-socioambientais_boratto_politicas-setoriais>. Acesso em 18 de setembro de 2020.

VIEIRA, E. A. (2011). A (in) **sustentabilidade da indústria da mineração no Brasil**. Estação Científica (UNIFAP), 1(2), 1-15.

WOLF, R.E.; NISHIHAMA, M.; FLEIG, A.J.; KUYPER, J.A.; ROY, D. P.; STOREY, J.C.; PATT, F. S. Achieving Sub-Pixel geolocation accuracy in Support of MODIS Land Science. **Remote Sensing of Environment**, vol. 83, n.1- 2, p. 31-49, 2002.

[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00085-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00085-8)

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Exposure air to pollution: a major public health concern**. Geneva: WHO; 2010.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). **Mineração na Amazônia Legal e Áreas Protegidas: Situação dos direitos minerários e sobreposições**. 2018.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). **Maior aumento de desmatamento da Amazônia em dez anos**. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?68662/maior-aumento-desmatamento-amazonia-dez-anos#>>. Acesso em 10 de julho de 2019.

7. ANEXOS

Anexo I: Quantidade de Focos de Queimadas anualmente para cada empreendimento estudado, analisando-se ADA e AID.

Ano	Quantidade de Focos de Queimadas															TOTAL
	M01			M02			M03			M04			M05			
	ADA	AID	TOTAL	ADA	AID	TOTAL	ADA	AID	TOTAL	ADA	AID	TOTAL	ADA	AID	TOTAL	
2000	5	68	73	0	0	0	0	5	5	0	3	3	0	3	3	84
2001	3	83	86	0	0	0	0	4	4	0	4	4	0	6	6	100
2002	9	76	85	0	4	4	0	7	7	0	0	0	0	0	0	96
2003	5	82	87	0	3	3	0	23	23	0	4	4	0	5	5	122
2004	8	76	84	0	1	1	1	25	26	0	7	7	0	4	4	122
2005	3	103	106	0	2	2	2	33	35	0	2	2	0	7	7	152
2006	0	79	79	0	0	0	1	45	46	0	3	3	0	8	8	136
2007	0	151	151	0	0	0	0	30	30	0	4	4	0	5	5	190
2008	0	59	59	0	4	4	1	25	26	0	2	2	0	4	4	95
2009	0	9	9	0	0	0	1	33	34	0	0	0	1	0	1	44
2010	0	53	53	0	0	0	0	29	29	0	2	2	0	4	4	88
2011	0	8	8	0	0	0	0	14	14	0	1	1	0	1	1	24
2012	0	18	18	1	0	1	0	17	17	0	1	1	1	0	1	38
2013	0	22	22	0	0	0	0	21	21	0	0	0	0	0	0	43
2014	0	25	25	0	0	0	0	31	31	0	1	1	0	0	0	57
2015	0	32	32	0	0	0	1	34	35	0	14	14	0	11	11	92
2016	0	67	67	0	0	0	0	27	27	0	1	1	0	2	2	97
2017	2	36	38	0	0	0	0	22	22	0	7	7	0	1	1	68
2018	0	17	17	0	0	0	0	13	13	0	0	0	2	0	2	32
2019	0	10	10	0	0	0	0	12	12	0	2	2	2	2	4	28
TOTAL	35	1074	1109	1	14	15	7	450	457	0	58	58	6	63	69	

Fonte: O Autor.

Anexo II: Quantidade de focos de queimadas anualmente, analisando-se cada raio para todos os empreendimentos.

ANO	M01							M02							M03						
	10km	20km	30km	40km	50km	60km	TOTAL	10km	20km	30km	40km	50km	60km	TOTAL	10km	20km	30km	40km	50km	60km	TOTAL
2000	2	22	50	73	107	75	329	1	6	15	25	73	94	214	0	2	5	7	12	4	30
2001	2	31	74	60	105	191	463	0	53	77	87	156	266	639	0	1	5	12	14	6	38
2002	9	34	28	94	160	271	596	0	44	66	118	229	273	730	0	0	16	20	19	29	84
2003	0	37	42	73	88	165	405	0	38	71	235	293	299	936	0	0	58	39	63	83	243
2004	9	29	30	41	69	205	383	2	56	82	161	194	272	767	1	0	59	75	67	78	280
2005	4	56	43	96	115	267	581	2	100	126	304	430	512	1474	1	1	37	60	77	80	256
2006	4	32	16	67	71	132	322	0	41	58	206	206	252	763	0	5	94	85	79	87	350
2007	0	45	67	150	221	297	780	0	33	86	189	278	351	937	0	2	50	64	42	54	212
2008	2	26	20	37	37	93	215	1	14	41	173	183	164	576	1	1	58	23	31	37	151
2009	0	5	4	9	21	81	120	0	3	22	76	94	73	268	0	0	98	102	96	105	401
2010	0	2	54	43	114	264	477	0	25	84	161	278	208	756	1	1	44	37	53	42	178
2011	0	1	4	17	19	80	121	0	4	24	73	102	107	310	0	1	25	24	22	36	108
2012	0	8	9	33	60	119	229	3	18	23	118	132	122	416	0	0	27	33	56	48	164
2013	0	3	19	20	36	64	142	0	8	12	40	45	43	148	0	0	23	43	33	59	158
2014	0	3	16	34	36	112	201	0	4	21	91	114	82	312	0	0	57	53	63	51	224
2015	0	5	22	51	78	144	300	0	18	48	118	175	133	492	0	1	74	79	39	63	256
2016	0	16	13	62	100	111	302	0	13	29	81	112	96	331	0	0	32	39	34	52	157
2017	4	12	17	30	94	170	327	0	9	65	136	177	120	507	0	1	35	44	46	67	193
2018	0	0	6	23	12	38	79	0	2	10	26	52	43	133	1	1	28	19	34	37	120
2019	0	0	2	14	39	65	120	0	7	20	53	77	64	221	0	1	26	24	24	25	100
TOTAL	36	367	536	1027	1582	2944	6492	9	496	980	2471	3400	3574	10930	5	18	851	882	904	1043	3703

ANO	M04							M05							TOTAL GERAL
	10km	20km	30km	40km	50km	60km	TOTAL	10km	20km	30km	40km	50km	60km	TOTAL	
2000	0	0	3	5	5	103	116	0	3	24	55	58	135	275	964
2001	0	3	5	38	41	168	255	4	3	32	111	181	327	658	2053
2002	0	0	2	33	27	133	195	0	0	28	70	175	415	688	2293
2003	0	0	19	28	20	193	260	0	8	49	172	339	527	1095	2939
2004	0	0	19	27	27	157	230	0	5	41	143	267	413	869	2529
2005	0	0	22	61	37	346	466	0	7	72	307	576	948	1910	4687
2006	0	0	18	54	15	168	255	0	12	55	185	306	424	982	2672
2007	0	0	21	36	19	196	272	0	10	48	205	288	431	982	3183
2008	0	0	9	13	7	146	175	0	6	35	124	236	280	681	1798
2009	0	0	3	10	7	70	90	1	0	26	55	102	141	325	1204
2010	0	0	8	11	23	184	226	0	4	43	150	244	280	721	2358
2011	0	0	5	3	10	41	59	0	2	9	60	115	130	316	914
2012	0	0	3	9	19	98	129	1	2	17	81	119	128	348	1286
2013	0	0	2	11	4	25	42	1	1	8	22	39	64	135	625
2014	0	0	3	8	6	47	64	0	1	6	39	91	120	257	1058
2015	0	0	30	18	12	88	148	0	17	26	81	91	143	358	1554
2016	0	0	3	6	22	37	68	0	2	10	29	65	55	161	1019
2017	0	0	8	23	40	59	130	0	5	7	53	81	118	264	1421
2018	0	0	2	7	1	19	29	2	0	1	10	19	67	99	460
2019	0	0	7	12	11	42	72	2	3	4	30	41	60	140	653
	0	3	192	413	353	2320	3281	11	91	541	1982	3433	5206	11264	35670

Fonte: O Autor.

