



GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA NORMAL SUPERIOR – ENS
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

ANÁLISE TEMPORAL DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM SÃO
GABRIEL DA CACHOEIRA/AM E MONTE ALEGRE/PA (1993 A 2021),
AMAZÔNIA BRASILEIRA

VITOR MOLDES CRAMER

MANAUS-AM

2024

VITOR MOLDES CRAMER

**ANÁLISE TEMPORAL DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM SÃO
GABRIEL DA CACHOEIRA/AM E MONTE ALEGRE/PA (1993 A 2021),
AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade do Estado do Amazonas para a
obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Soares de Andrade Filho

MANAUS-AM

2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

C889aa Cramer, Vitor Moldes
Análise temporal dos eventos extremos de precipitação
em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA
(1993 a 2021), Amazônia Brasileira / Vitor Moldes Cramer.
Manaus : [s.n], 2024.
196 f.: color.; 30 cm.

TCC - Licenciatura em Geografia - Universidade do
Estado do Amazonas, Manaus, 2024.

Inclui bibliografia

Orientador: Filho, Valdir Soares de Andrade

1. Eventos extremos. 2. Precipitação. 3. Mudanças
climáticas. 4. Amazônia. I. Filho, Valdir Soares de
Andrade (Orient.). II. Universidade do Estado do
Amazonas. III. Análise temporal dos eventos extremos
de precipitação em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte
Alegre/PA (1993 a 2021), Amazônia Brasileira

VITOR MOLDES CRAMER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade do Estado do Amazonas para a
obtenção do título de licenciado em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Prof. Dr. Valdir Soares de Andrade Filho

1º Avaliador: Profa. Dra. Natacha Cintia Regina Aleixo

2º Avaliador: Prof. Dr. Flávio Wachholz

Manaus – 27 de fevereiro de 2024

AGRADECIMENTOS

Ao longo da minha vida, desenvolvi um princípio fundamental que valorizo profundamente: reconhecer não apenas os indivíduos diretamente envolvidos em minhas conquistas mais significativas, mas também aqueles que, de alguma maneira, cruzaram meu caminho e deixaram sua marca. Acredito firmemente que por trás de cada grande vitória não estão apenas os que me apoiaram na batalha específica, mas também todas as pessoas que, ao longo da minha trajetória, contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até esse atual momento.

Neste momento de realização, quero expressar minha profunda gratidão a Deus por mais uma etapa finalizada em minha jornada. Cada desafio superado foi um teste de fé e determinação, e por isso agradeço por ter me dado forças nos momentos de incerteza e por ter sido minha luz nos momentos de mais angústia. Agradeço por cada oportunidade de aprendizado, esta vitória é um reflexo da sua graça e bençãos, e por isso, minha gratidão a Deus é eterna. Embora eu tenha meus próprios sonhos e objetivos, busco sempre respeitar primeiro a sua vontade, pois reconheço que seus planos para mim são os mais adequados.

Certamente, não posso deixar de expressar minha imensa gratidão aos meus pais, Francisco Cramer e Janilze Moldes. Eles sempre depositaram fé em mim, oferecendo amor incondicional e orientações valiosas para a vida. Seu apoio constante serviu como alicerce em todos os momentos, motivando-me e impulsionando-me na busca pelos meus objetivos. Esta conquista é nossa, e meu compromisso é continuar estudando e trabalhando incansavelmente para honrar e encher vocês de orgulho.

Não posso deixar de reconhecer a contribuição fundamental de outros familiares nessa conquista. Compartilho esse momento especial com todos os meus avós, tios, primos e, especialmente, com aqueles que desempenharam papéis significativos na minha jornada. Minha avó Cléa Moldes, meu avô José Moldes, tia Neunila Lira, tia Jane da Silva Moldes, tio Erival Oliveira, madrinha Janilce Moldes, tia Janise Moldes, tia Ivaneide Queiroz que sempre cuidaram de mim com um amor que se equipara ao de pais, e por isso, expresso minha gratidão profunda a eles.

Além disso, destaco a importância dos meus primos e irmãos - Gilmar Moldes, Wagner Moldes, Caio Moldes, Kevin Moldes, Rodrigo Carneiro, Chardson Moldes, Rogério Carneiro - cujo apoio e presença foram essenciais ao longo dessa trajetória. Esta conquista é o resultado do apoio e encorajamento de cada um de vocês.

Dedico o êxito nesta etapa da vida ao meu tio Botafoguense, João Carlos Moldes, falecido no início de 2023, um homem que tinha um enorme carinho e amor por mim, sinto muitas saudades, sei que o senhor está aí do céu feliz e torcendo por mais conquistas minha. Sempre te amarei, meu tio. Ressalto também os meus familiares falecidos Valmir Kramer e José Carlos Moldes (Zezinho/Belezinha Gracinha), tios que partiram ao encontro de Deus e que estão felizes com mais essa minha etapa finalizada.

É impossível deixar de mencionar a imensa gratidão e reconhecimento a Maria Mayara Rodrigues Carvalho. Mais que uma amiga e companheira, desempenhando um papel fundamental, oferecendo orientações valiosas do início ao fim da elaboração do meu TCC. Além disso, foi uma presença reconfortante, atuando as vezes como psicóloga e agindo como uma verdadeira conselheira em meio a várias crises existenciais que enfrentei. Serei sempre grato e estarei presente para apoiar e contribuir com você, da mesma forma como você fez desde o começo da minha jornada acadêmica e profissional. Obrigado por toda ajuda e suporte que me concedeu.

Encerro esta fase acadêmica dedicando também este momento especial aos amigos que Deus trouxe para enriquecer minha jornada e que hoje os considero como minha família: Márcio Melo, Franciely Santos, Fernanda Larissa, Alam Araújo, Aldemir Figliuolo, João Victor Luz, Ruan Fernandes, Carlos Vollrath, Igor Fernandes, Manoel Juciam, Kevely Silva, Samuel Freitas, Lucileide Aguiar, Larissa Silva, Rosivaldo Seixas, Francisco Braga (mais conhecido como Bruno), Patrícia Mota, Ilma Farias, Filipe Oliveira, Bruno Christian, Rodrigo Porto e Bruno Santos. A presença e o apoio de vocês foram fundamentais para minha trajetória, e cada um deixou uma marca indelével no meu caminho rumo a esta conquista. Agradeço por fazerem parte da minha vida e por serem parte ativa e significativa desta jornada acadêmica.

Destaco como pilares essenciais na minha jornada de conquistas os profissionais com quem tive a oportunidade de trabalhar durante meu estágio na Superintendência da Polícia Federal do Amazonas. PCF Miranda, PCF Hebert, PCF Mariana, PCF Livia, PCF Cleiton, PCF Goetten, PCF Borba, PCF Flávia, PCF Fagundes, PCF Ricardo, PCF Gustavo, APF Heinze e outros colaboradores foram fundamentais para o meu crescimento. Eles não apenas acreditaram no meu potencial, mas também me ofereceram a chance de evoluir e mergulhar em uma nova realidade profissional. Suas orientações, confiança e a oportunidade de aprender com suas experiências foram componentes valiosos que contribuíram diretamente para esta importante conquista na minha vida acadêmica e profissional. Sou imensamente grato por ter tido a chance de trabalhar ao lado de profissionais tão qualificados e inspiradores.

Quero expressar minha gratidão a todos os professores que fizeram parte da minha jornada educacional, desde os anos iniciais até o ambiente acadêmico. Em especial, menciono a professora Maria Genis do PIBID e a professora Ana Carolina do ensino fundamental II, cujo trabalho vai além das salas de aula e teve um impacto significativo no meu crescimento pessoal e acadêmico. Sua dedicação e comprometimento foram fundamentais para minha evolução. Além disso, destaco dois professores da UEA aos quais tenho imenso apreço: o professor Dr. Valdir Soares e a professora Dra. Marcela Mafra. Ao longo da graduação, tive a oportunidade de aprender e crescer sob a orientação deles.

“Veio do fundão da Zona Leste conquistando tudo. Foi pra frente, mas não esqueceu do fundo.”

Mc Paulin da Capital; Naquele Pique (Cover)

“Um passo de cada vez. Um soco de cada vez. Um round de cada vez.”

Rocky Balboa

RESUMO

A ocorrência dos eventos extremos de precipitação constitui uma realidade cada vez mais comum da Amazônia Brasileira, área de grande importância climática global, causando diversos impactos negativos resultado da complexidade de um conjunto de fatores, em meio a um cenário pautado pelas mudanças climáticas. O objetivo deste trabalho foi analisar a ocorrência dos eventos extremos de precipitação nos municípios de São Gabriel da Cachoeira - AM e Monte Alegre - PA, no período de 1993-2021. Para essa finalidade, utilizou-se o levantamento de informações secundárias de órgãos governamentais. Os dados de meteorológicos foram extraídos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, os dados de desmatamento e focos de queimada foram obtidos por meio BDQueimadas e Prodes (INPE) respectivamente, os dados de ocorrência dos fenômenos ENOS foram derivados da NASA, NOAA e CEPTEC (INPE), os dados populacionais foram provenientes do IBGE e sobre a frota de veículos foram originárias do SENATRAN. Para a análise dos dados na pesquisa sobre as ocorrências de extremos de precipitação nas áreas de estudo foram adotados os registros diários totais de precipitação que excedessem ou fossem iguais a 30 mm, 50 mm e 70 mm. A partir das análises realizadas foi verificado São Gabriel atingiu um número total de eventos, nos três critérios, de 30% a mais em comparação a estação de Monte Alegre, contudo Monte Alegre apresentou o dia com maior taxa pluviométrica com 175,4 mm em 17/11/2019, em contraposição São Gabriel apenas atingiu 150 mm em 12/02/1993. Observou-se que os eventos nas duas estações tiveram maiores ocorrências no período chuvoso que corresponde, de modo geral, ao primeiro semestre do ano, incluindo também dezembro. Durante estes anos, apenas eventos maiores ou iguais 50 mm mostraram padrões similares em ambas as estações. Em São Gabriel, houve um pequeno aumento entre 2002 e 2016, enquanto em Monte Alegre ocorreu um leve crescimento de 2003 a 2012. Notou-se nas duas estações que somente os eventos ≥ 30 mm seguiram um padrão similar ao comportamento pluviométrico. Ademais, ao ser tratado os possíveis fatores responsáveis por essas ocorrências, destaca-se inicialmente a forte influência da atuação dos fenômenos atmosféricos ZCIT, ZCAS, Linha de instabilidade e a Massa equatorial continental, tendo correlação temporal entre o período de maior atuação destes fenômenos e a maior ocorrência dos extremos de precipitação nas duas estações. Somado a estes fenômenos, ressalta-se o sistema-atmosférico-oceânico La Niña e ao realizar uma comparação temporal com os índices de extremos de precipitação, somente 1999 e 2011 evidenciaram uma possível relação com os eventos extremos ao mesmo tempo nas duas estações. Ademais, agrega-se ainda como outros possíveis fatores o aumento do aquecimento global, crescimento populacional na região estudada a partir de meados da década de 70, ascensão do número de veículos, altas taxas de desmatamento e queimadas nos respectivos estados e na Amazônia Legal. As áreas de estudo, bem como, a região correspondente, exprimem alta vulnerabilidade a estes eventos anômalos, sendo fundamental o aprofundamento a respeito destes fenômenos.

Palavras-chave: Eventos extremos; Precipitação; Mudanças climáticas; Amazônia.

ABSTRACT

The occurrence of extreme precipitation events is an increasingly common reality in the Brazilian Amazon, an area of great global climate importance, causing several negative impacts as a result of the complexity of a set of factors, amidst a scenario driven by climate change. The objective of this work was to analyze the occurrence of extreme precipitation events in the municipalities of São Gabriel da Cachoeira - AM and Monte Alegre - PA, in the period 1993-2021. For this purpose, we used the collection of secondary information from government agencies. The meteorological data were extracted from the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP), made available by the National Institute of Meteorology – INMET, the deforestation and fire outbreak data were obtained through BDQueimadas and Prodes (INPE) respectively, the data of occurrence of ENSO phenomena were derived from NASA, NOAA and CEPTEC (INPE), population data came from IBGE and on the vehicle fleet came from SENATRAN. To analyze the data in the research on the occurrences of precipitation extremes in the study areas, total daily precipitation records that exceeded or were equal to 30 mm, 50 mm and 70 mm were adopted. From the analyzes carried out, it was verified that São Gabriel reached a total number of events, in the three criteria, of 30% more compared to the Monte Alegre station, however Monte Alegre presented the day with the highest rainfall rate with 175.4 mm in 17 /11/2019, in contrast São Gabriel only reached 150 mm on 02/12/1993. It was observed that events in both seasons had greater occurrences in the rainy period, which generally corresponds to the first half of the year, also including December. During these years, only events greater than or equal to 50 mm showed similar patterns in both seasons. In São Gabriel, there was a small increase between 2002 and 2016, while in Monte Alegre there was a slight increase from 2003 to 2012. It was noted in both seasons that only events ≥ 30 mm followed a pattern similar to the rainfall behavior. Furthermore, when considering the possible factors responsible for these occurrences, the strong influence of the atmospheric phenomena ZCIT, ZCAS, Instability Line and the Continental Equatorial Mass stands out initially, with a temporal correlation between the period of greatest activity of these phenomena and the highest occurrence of precipitation extremes in both seasons. In addition to these phenomena, the La Niña atmospheric-oceanic system stands out and when carrying out a temporal comparison with the extreme precipitation rates, only 1999 and 2011 showed a possible relationship with extreme events at the same time in both seasons. Furthermore, other possible factors include the increase in global warming, population growth in the region studied from the mid-70s onwards, a strong increase in the number of vehicles, high rates of deforestation and fires in the respective states and in the Legal Amazon. . The study areas, as well as the corresponding region, express high vulnerability to these anomalous events, making it essential to delve deeper into these phenomena.

Keywords: Extreme events; Precipitation; Climate changes; Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização das áreas de estudo.....	62
Figura 2 - Fluxogramas do procedimento metodológico da pesquisa	72
Figura 3 – Fluxograma dos critérios de eventos extremos de precipitação na pesquisa	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese dos dados tratados acima	85
Quadro 2 - Síntese dos dados (Eventos extremos de precipitação anual em São Gabriel da Cachoeira/AM)	88
Quadro 3 - Síntese dos dados (Eventos extremos de precipitação anual em Monte Alegre/PA)	91
Quadro 4 - Síntese dos dados (Eventos extremos de precipitação mensal em São Gabriel da Cachoeira/AM)	115
Quadro 5 - Sínteses dos dados (Eventos extremos de precipitação mensal em Monte Alegre/PA).....	136
Quadro 6 - Oceanic Niño Index (ONI) sobre a região Niño 3.4	163
Quadro 7 - Dinâmica temporal de ocorrências em São Gabriel da Cachoeira.....	164
Quadro 8 - Dinâmica temporal de ocorrências em Monte Alegre	164

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação acumulada mensal em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1991-2020).....	75
Gráfico 2 - Umidade Relativa do ar compensada mensal (%) em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1991-2020).....	76
Gráfico 3 - Temperatura média compensada em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1981-2010).....	78
Gráfico 4 - Média mensal de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	80
Gráfico 5 - Média anual de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	81
Gráfico 6 - Soma anual de precipitação em São Gabriel da Cachoeira/AM (1993-2021).....	82
Gráfico 7 - Média mensal de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	83
Gráfico 8 - Média anual de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	84
Gráfico 9 - Soma anual de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	85
Gráfico 10 - Total anual de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira/AM (1993-2021).....	89
Gráfico 11 - Total anual de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre/PA (1993-2021).....	92
Gráfico 12 – Comparação dos eventos extremos anuais ≥ 30 mm em São Gabriel da Cachoeira e Monte alegre.....	93
Gráfico 13 – Comparação dos eventos extremos anuais ≥ 50 mm em São Gabriel da Cachoeira e Monte alegre.....	94
Gráfico 14 - Comparação dos eventos extremos anuais ≥ 70 mm em São Gabriel da Cachoeira e Monte alegre.....	95
Gráfico 15 - Total em janeiro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	97
Gráfico 16 - Total em fevereiro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	98
Gráfico 17 - Total em março de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	100
Gráfico 18 - Total em abril de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	101
Gráfico 19 - Total em maio de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	103

Gráfico 20 - Total em junho de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	104
Gráfico 21 - Total em julho de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	106
Gráfico 22 - Total em agosto de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	107
Gráfico 23 - Total em setembro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	108
Gráfico 24 - Total em outubro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	110
Gráfico 25 - Total em novembro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	111
Gráfico 26 - Total em dezembro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	113
Gráfico 27 - Somatória mensal dos eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021).....	114
Gráfico 28 - Total em janeiro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	117
Gráfico 29 - Total em fevereiro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	118
Gráfico 30 - Total em março de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	120
Gráfico 31 - Total em abril de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	121
Gráfico 32 - Total em maio de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	123
Gráfico 33 - Total em junho de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	124
Gráfico 34 - Total em julho de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	126
Gráfico 35 - Total em agosto de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	127
Gráfico 36 - Total em setembro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	128

Gráfico 37 - Total em outubro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	130
Gráfico 38 - Total em novembro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	131
Gráfico 39 - Total em dezembro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	133
Gráfico 40 - Somatória mensal dos eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021).....	134
Gráfico 41 - Comparação do total mensal dos eventos extremos de precipitação ≥ 30 mm em São Gabriel e Monte Alegre (1993-2021).....	138
Gráfico 42 - Comparação do total mensal dos eventos extremos de precipitação ≥ 50 mm em São Gabriel e Monte Alegre (1993-2021).....	139
Gráfico 43 - Comparação do total mensal dos eventos extremos de precipitação ≥ 70 mm em São Gabriel e Monte Alegre (1993-2021).....	141
Gráfico 44 - Anomalias de temperatura globais terrestres e oceânicas (1900- 2020).....	143
Gráfico 45 - Anomalias de temperatura na América do Sul (1910- 2018).....	144
Gráfico 46 - Composição da matriz do transporte de carga no Brasil em 2013.....	146
Gráfico 47 - Série histórica de frota de veículos no Brasil (2006-2022).....	147
Gráfico 48 - População residente na região norte (1872 - 2010).....	149
Gráfico 49 - População residente no estado do Amazonas (1872 - 2010).....	150
Gráfico 50 - População residente no estado do Pará (1872 - 2010).....	151
Gráfico 51 - Taxa de desmatamento na Amazônia legal (1993-2021).....	153
Gráfico 52 - Taxa de desmatamento no estado do Amazonas (1993-2021).....	154
Gráfico 53 - Taxa de desmatamento no estado do Pará (1993-2021).....	155
Gráfico 54 - Desmatamento acumulado nos estados da Amazônia legal (1993-2021).....	156
Gráfico 55 - Total anual de focos de queimadas na Amazônia Legal (1998-2021).....	158

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB - Alta da Bolívia

Afi – Clima equatorial chuvoso

Ami – Clima tropical de monção

APA - Área de Proteção Ambiental

AR – Relatório de avaliação

AQUA – Satélite artificial

Awi – Clima tropical seco e úmido

BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

BEC – Batalhão de engenharia de construção

BIS – Batalhão de infantaria de Selva

BR – Rodovias nacionais

CBERS - China-Brazil Earth Resources Satellite

CEPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CFC - Clorofluorcarbono

CH₄ – Metano

CNT - Confederação Nacional do Transporte

CO₂ - Dióxido de carbono

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CTC - Tetracloreto de carbono

E.E.P – Eventos extremos de precipitação

ENOS - El Niño Oscilação Sul

GEE - Gases de Efeito Estufa

GWP - Global Warming Potential

HCFCs – Hidroclorofluorcarbonos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

IRS - Indian Remote Sensing Satellite

LANDSAT - Conjunto de satélite multiespectrais desenvolvidos pela NASA

LI – Linhas de instabilidade

LIA – Linhas de instabilidade da Amazônia

LIC – Linhas de instabilidade costeira
LIP - Linhas de instabilidade com propagação
M.A - Monte Alegre
mEa - Massa Equatorial Atlântica
mEc - Massa Equatorial Continental
MDA - Ministério do desenvolvimento agrário
MM – Milímetros
mPa - Massa Polar Atlântica
NASA - National Aeronautics and Space Administration
NC – Normal Climatológica
NPP Suomi - Suomi-National Polar-orbiting Partnership
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration
N₂O - Óxido nitroso
O₂ - Oxigênio
O₃ - Ozônio
OMM - Organização Meteorológica Mundial
pH – potencial hidrogeniônico
PRODES - Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
QGIS - Quantum GIS software
RADAM - Projeto Radar da Amazônia
SGDC – São Gabriel da Cachoeira
Sivam - Sistema de vigilância da Amazônia
TI – Terras indígenas
TKU - Tonelada quilômetro útil
TSM - Temperatura da superfície do mar
UC – Unidades de conservação ambiental
UK-DMC – United Kingdom Disaster Monitoring Constellation
UV-B - Ultravioleta do tipo B
VCAN - Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
WWW - World Wide Web
ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Caracterização climática da Amazônia Brasileira	21
2.2 Eventos Extremos de Precipitação e seu contexto na Amazônia Brasileira	30
2.3 Amazônia Brasileira e os possíveis fatores dos Eventos Extremos de Precipitação	40
3. METODOLOGIA	59
3.1 Delineamento de Estudo	59
3.2 Área de Estudo	62
3.3 Fontes, procedimentos metodológicos e análise dos dados	67
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
4.1 Dados da Normal climatológica.....	75
4.1.1 Dados de precipitação (Normal climatológica)	75
4.1.2 Dados de umidade (Normal climatológica)	76
4.1.3 Dados de temperatura (Normal climatológica)	77
4.2 Dados de precipitação (1993-2021)	79
4.2.1 Dados de precipitação em São Gabriel da Cachoeira/AM (1993-2021)	79
4.2.2 Dados de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)	82
4.3 Dados de eventos extremos de precipitação diário entre 1993 a 2021	86
4.3.1 Eventos extremos de precipitação anual em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA.....	86
4.3.2 Comparação entre os gráficos de eventos extremos de precipitação anual em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1993-2021)	92
4.3.3 Totais de eventos extremos de precipitação mensais em São Gabriel da Cachoeira/AM	96
4.3.4 Totais de eventos extremos de precipitação mensais em Monte Alegre/PA	116
4.3.5 Comparação entre os gráficos de eventos extremos de precipitação mensais em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1993-2021)	136
4.4 Possíveis fatores das ocorrências dos eventos extremos de precipitação na Amazônia Brasileira.....	141
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia, conhecida por conter a maior floresta tropical e bacia hidrográfica do mundo, se estende majestosamente através de nove nações sul-americanas, com o Brasil ocupando uma área significativa dessa vastidão. Localizado na zona equatorial e com mais de 6 milhões de quilômetros quadrados (Da Silva; Garda, 2011), a região possui um dos ecossistemas mais ricos em biodiversidade. Este ambiente caracterizado pela presença de grandes cidades, dispõe ainda de várias comunidades indígenas e tradicionais que encontram na Amazônia seu lar e sustento.

A Amazônia apresenta um clima tropical quente e úmido com temperaturas médias mensal em torno de 25°C (Alvares et al., 2013), com pouca variação sazonal. A região recebe uma média anual de 2.300 mm de precipitação pluviométrica (Figueroa; Nobre, 1990), dividida em um período chuvoso (novembro a março) e um período seco (maio a setembro) (Pedreira Junior et al., 2018). No noroeste, as chuvas ultrapassam 3000 mm por ano, enquanto na porção central, fica em torno de 2500 mm por ano. No leste, próximo a Belém, a média anual é de aproximadamente 2800 mm (Sousa, 2010).

A Amazônia assume uma importância crucial em múltiplos aspectos ambientais, destacando-se especialmente por seu papel de relevância no cenário climático. Sua atuação nos processos globais de regulação climática é notável, exercendo influência não apenas em sua extensão geográfica, mas também em âmbito global.

Essa influência abrangente ocorre por atuar como uma fonte de vapor d'água e calor latente atmosfera, fornecendo energia para os processos que se desenrolam na troposfera tropical, assim como para outras partes do mundo (Nobre et al., 2009; Satyamurty et al., 2013). Ademais, a Amazônia é responsável por absorver e armazenar volume significativo de dióxido de carbono (CO₂) (Fitzjarrald; Moore, 1990), contribui para o equilíbrio do ciclo hidrológico local (Artaxo et al., 2014) e na regulação de chuvas em outras porções do Brasil, como o sul e sudeste (Nascimento; Quadros, 2018).

Contudo, à medida que o cenário dos impactos das mudanças climáticas em todo o mundo se intensifica, a importância da Amazônia como peça-chave no sistema climático global torna-se ainda mais evidente. Nos últimos tempos, verifica-se frequentemente a divulgação, por diversos meios de comunicação, de ocorrências tanto no Brasil como no mundo de fenômenos como ciclones, ondas de calor, secas prolongadas, furacões, tornados, chuvas torrenciais, tufões e tempestades, fenômenos naturais classificados como eventos climáticos extremos (Caetano; Barbosa, 2019), por serem caracterizados por valores anômalos de um estado climático médio

(normal climatológica), ou seja, manifestando-se por intensidades ou frequências fora do padrão estabelecido.

A Amazônia não se desvencilha do contexto das ocorrências dos eventos extremos climáticos, podendo ser salientado nesta região os eventos extremos relacionados a precipitação. Os eventos extremos de chuva podem ser definidos como ocorrências intensas e anômalas, onde os valores totais de precipitações que em determinado período de tempo (anual, sazonal, diário) apresentam desvios significativos superiores ou inferiores a dinâmica habitual (média) de chuva considerada na normal climatológica para aquela área e intervalo temporal em particular (Xavier et al., 2007; Sousa, 2010).

Estes fenômenos marcados por volume abruptos de chuva podem resultar em grandes consequências negativas e impactos adversos em áreas urbanas e rurais, como exemplo de inundações, deslizamentos de terra, danos a infraestrutura, comprometendo a segurança das comunidades, causando prejuízos socioeconômicos substanciais e sérios riscos para a população e ao meio ambiente, gerando em alguns casos vítimas fatais (Ferreira; Valverde, 2022), feridos, desabrigados e proliferação de doenças (Oliveira et al., 2017).

A compreensão da dinâmica dos eventos extremos de precipitação é uma preocupação crescente, dada a vulnerabilidade das populações a esses eventos e suas consequências amplamente abrangentes, desde impactos econômicos até a segurança das comunidades. Isso se torna especialmente crítico na região amazônica, uma das áreas mais sensíveis do planeta. O maior conhecimento acerca do comportamento dos eventos, é essencial para minimizar os riscos e impactos desses fenômenos climáticos extremos.

A pesquisa sobre a análise dos eventos extremos de precipitação merece grande ênfase em vários âmbitos, visto que as mudanças climáticas estão alterando gradualmente os padrões tradicionais de chuva, exigindo uma compreensão mais profunda do presente e do passado para projetar cenários climáticos futuros. Essa pesquisa pode proporcionar subsídios valiosos para a tomada de decisões em políticas públicas, gestão de riscos e adaptação a estes eventos, influenciando desde o planejamento agropecuário até o gerenciamento de recursos hídricos e atividades socioeconômicas.

Ressalta-se que a Amazônia devido a sua grande extensão necessita de análises acadêmicas de todas as suas partes, especialmente no que tange o fato de como a região reage as mudanças climáticas. Nessa perspectiva, esta pesquisa trata sobre o fenômeno dos eventos extremos de precipitação em duas áreas distintas da Amazônia, um espaço mais ao leste e outro na parte noroeste especificamente, tendo ainda mais destaque por trazer os estudos geográficos

da porção ocidental da Amazônia Brasileira, região que não apresenta grandes quantidades de trabalhos sobre estes tipos de eventos extremos.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo geral analisar a ocorrência dos eventos extremos de precipitação nos municípios de São Gabriel da Cachoeira - AM e Monte Alegre - PA, no período de 1993-2021. Além disso, esta pesquisa possui três objetivos específicos, sendo estes: i) Identificar a ocorrência dos índices de eventos extremos de precipitação; ii) Comparar os dados oficiais de eventos extremos de precipitação entre as estações analisadas; iii) Verificar se há um padrão na ocorrência e os possíveis fatores que contribuem para os eventos extremos de precipitação nas estações correspondentes.

Desse modo esta Monografia está dividida em três capítulos, sendo a primeira parte relacionada ao Referencial Teórico, onde se busca discorrer por meio de três subcapítulos o arcabouço teórico com o intuito de compreender a dinâmica dos eventos extremos de precipitação nos dois municípios localizados na Amazônia, sendo debatido o clima da Amazônia, o contexto dos extremos de precipitação e os prováveis fatores constituintes subjacentes às ocorrências dos fenômenos extremos de chuva.

O segundo capítulo diz respeito a metodologia do trabalho, sendo incluído discussão de forma geral sobre a importância do método e três subcapítulos, estruturado inicialmente pelo Delineamento do Estudo, tópico marcado pela descrição do método e abordagem utilizados para o norteamento da monografia. O segundo subcapítulo remete-se a apresentação das Áreas de Estudos, no qual busca-se entender as características geográficas, incluindo aspectos socioeconômicos, hidrográfico, climático, geológico, geomorfológico, cobertura florestal, entre outros detalhes. Ademais, o terceiro subcapítulo engloba a parte denominada Fontes, procedimentos metodológicos e análise de dados, onde explica-se quais os materiais, dados, fontes e técnicas usadas para o desenvolvimento da pesquisa.

O terceiro capítulo do trabalho aborda sobre os Resultados e Discussões, dividido em 4 subcapítulos que realizam a análise dos dados coletados com o intuito de responder os objetivos propostos. Este capítulo é composto pelas discussões sobre o clima dos locais de estudos, especialmente sobre a variável precipitação ao longo dos anos e meses, identificação, descrição e comparação anual e mensal dos eventos extremos de precipitação em São Gabriel e Monte Alegre, além comparação dos dados de eventos extremos entre as estações com a dinâmica de chuva local, somado ao debate sobre os prováveis fatores causadores destas ocorrências.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização climática da Amazônia Brasileira

A Amazônia está localizada na zona equatorial do globo terrestre, constituída por uma grandiosa dimensão e alta diversidade do ecossistema de fauna e flora. Esta região é reconhecida por conter a maior floresta tropical e a maior bacia hidrográfica do mundo, sendo uma região primordial para a regulação do clima global, como salienta Vieira et al., (2019, p. 134), afirmando que “a imensa extensão e posição próxima ao Equador asseguram à Amazônia um papel crítico no funcionamento do clima da Terra.”

O atual clima da Amazônia caracteriza-se por ser equatorial quente e úmido, sendo um clima do tipo “A” de acordo com a classificação de Koppen, com três subclima. O tipo (“Afi”) corresponde ao equatorial chuvoso, caracterizado por período seco não definido e precipitações abundantes durante todo o ano; o tipo (“Ami”) refere-se ao tropical de monção (“Ami”), marcado por uma curta estação de estiagem; o tipo (“Aw”) remete ao tropical seco e úmido, determinado por um nítido período seco.

Verifica-se no âmbito geral uma região com altos índices de precipitação, com estação seca praticamente inexistente (Marengo; Nobre, 2009a), temperaturas elevadas e pouco variáveis cujas médias mensais não apresentam grande amplitude, e uma umidade relativa sempre muito próxima do ponto de saturação. Conforme Almeida et al., (2015, p. 280-281)

Em escalas de tempo sazonais, a temperatura média do ar não apresenta muita variação, o que se deve aos altos valores de radiação solar incidente ao longo do ano. Os valores da temperatura média do ar estão entre 24 °C e 26 °C com amplitude anual de 1 °C a 2 °C. A precipitação média da região Amazônica é de aproximadamente 2.300 mm. ano⁻¹.

As características climáticas apresentadas nesta região são resultantes da combinação de vários fatores. A princípio, é imprescindível ressaltar a sua posição geográfica no globo terrestre em baixa latitude, situada em uma zona que contribui para uma alta e constante incidência de energia solar anualmente, por intermédio do balanço de energia. Segundo Pereira et al., (2010, p. 165)

A latitude também influencia na temperatura em função da posição da Terra em relação ao Sol. As latitudes próximas ao Equador recebem os raios solares perpendicularmente durante todo o ano. Com o progressivo distanciamento do Equador, a temperatura tende a diminuir porque os raios solares passam a atingir a Terra mais obliquamente.

Conforme Salati & Marques (1984), a região no período de dezembro a janeiro alcança as maiores taxas de energia no topo da atmosfera, enquanto que nos meses de junho e julho os menores valores, porém estas alterações naturais não geram grandes diferenças na amplitude média da temperatura do ar da região, com ressalva da região sul da bacia amazônica que recebe em períodos do ano efeitos da atuação dos sistemas frontais (Marengo; Nobre, 2009a).

Outro aspecto determinante na região refere-se à atuação e influência da floresta tropical amazônica, responsável por ocupar uma área territorial de cerca de 6,50 milhões de quilômetros quadrados no continente sul-americano disposta em nove países: Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela, todavia desse total 85% corresponde ao Brasil (5,08 milhões de quilômetros quadrados), representando cerca de 61% do território brasileiro (Lorch, 2000).

A floresta amazônica possui ligações diretas com a grande umidade, proporcionando trocas de energia no que diz respeito a interação entre superfície e atmosfera, e as consequentes precipitações. Fitzjarral e Moore (1990) enfatiza que a floresta amazônica dispõe de um papel expressivo no balanço global, de calor, umidade e de carbono.

Evidencia-se na floresta amazônica o maior reservatório de carbono entre os ecossistemas terrestres, exercendo ainda uma função significativa no que consiste a regulação do clima regional e global (Nobre et al., 2009) por atuar como uma fonte de vapor de água, exercer notoriedade no balanço de radiação e na liberação de calor latente de condensação, além de integrar um complexo sistema do ciclo hidrológico, sobretudo pela reciclagem da precipitação.

Este efeito sobre o ciclo hidrológico é primordial segundo Marengo et al., (2011) para o clima da América do Sul, sendo um exemplo, a intensa evapotranspiração que ocasionam o deslocamento dos “rios voadores” para outras regiões do Brasil. Em concordância com o descrito, Vieira et al., (2019, p. 135) aponta que

A área da floresta amazônica produz imensas quantidades de água, de vital importância para a regulação do clima global. Os chamados “rios voadores”, formados por massas de ar carregadas de vapor de água, gerados pela evapotranspiração na Amazônia, levam umidade para o Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, afetando significativamente o regime de chuvas e o clima dessas regiões.

Entretanto, a floresta amazônica além de gerar grande umidade na região Amazônica, é responsável através de suas características por atuar atraindo mais umidade provenientes do Oceano Atlântico. Nobre (2014, p. 2) ressalta este fenômeno descrevendo que

Segundo a nova teoria da bomba biótica, a transpiração abundante das árvores, casada com uma condensação fortíssima na formação de nuvens e chuvas – condensação essa maior que aquela nos oceanos contíguos –, leva a um rebaixamento da pressão atmosférica sobre a floresta, que suga o ar úmido sobre o oceano para dentro do continente, mantendo as chuvas em quaisquer circunstâncias.

Contudo, ao se analisar o processo de evapotranspiração de forma minuciosa, nota-se que esta é a somatória da interceptação, transpiração e evaporação (Brutsaert, 2005). Primeiramente, a interceptação retrata a coleta de águas pluviais pelas superfícies de plantas, retornando logo após a atmosfera pela evaporação. A transpiração remete a evaporação da água que foi retirada do solo por intermédio das raízes das plantas. Ademais, se desenvolve a evaporação que está relacionada diretamente a corpos de águas situados em superfícies do solo, assim como, em bacias hidrográficas.

Nesse contexto, enfatiza-se a bacia Amazônica como uma das bases também do ciclo hidrológico da região através da evaporação. Esta bacia hidrográfica é caracterizada e marcada por sua grandeza (área de 6,1 milhões de km²) e ampla biodiversidade, sendo o destaque desta o rio Solimões/Amazonas, responsável pela descarga de um grande volume de água no oceano Atlântico.

Segundo Marengo e Nobre (2009a, p. 197), “a descarga média do Rio Amazonas no oceano Atlântico é de cerca de 220.000 m³/s, o que corresponde a 18% da descarga total de água fresca nos oceanos do mundo”, carregando uma elevada quantidade de nutrientes (Obregón, 2013). Os nutrientes descarregados no Oceano, assumem importância climática indireta, mas fundamental, pelo fato de alimentar a vida marinha que exercem o balanço global do carbono, com a absorção deste elemento (Subramanian, 2008).

Em continuação, perante o exposto acerca do clima amazônico, frisa-se que o relevo é outro fator geográfico que interfere diretamente em suas características. Conforme Sioli (1985, p. 22) a região Amazônica é delimitada ao norte e ao sul, respectivamente pelos maciços das Guianas e do Brasil Central; a oeste, pela jovem Cordilheira dos Andes, ficando aberta a leste, permitindo aí a franca entrada dos alísios.

Diante disso, compreende-se que ocorre o acesso sem dificuldades da umidade proveniente dos ventos alísios e das massas de ar pela parte leste da região, como uma espécie de corredor de umidade para o interior da Amazônia, caracterizada por relevos de baixa latitude, sendo a umidade retida pelos relevos elevados da parte norte, oeste e sul.

Os ventos alísios fazem parte de um sistema de grande escala que influenciam fortemente na regulação das precipitações na região. A convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste formam a denominada Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ou seja, uma faixa de nebulosidade, sendo este fenômeno de acordo com Xavier et al., (2000) responsável por desenvolver nuvens do tipo cúmulo-nimbos, geradora de chuvas intensas nas regiões tropicais.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) são originadas nos oceanos e instituída ao longo e próxima a linha do equador, posto que são zonas de baixa pressão, porém sofre oscilação entre os hemisférios norte e sul durante o ano por conta das alterações na Temperatura Superficial do Mar e as estações do ano, responsáveis pelo controle do posicionamento latitudinal da ZCIT na faixa do Atlântico e de continentes. Segundo Pereira et al., (2010, p. 165)

Desses os que influenciam mais diretamente a região Amazônica, são os ventos alísios. Os Alísios são ventos que sopram das áreas de altas pressões em direção a área equatorial. À medida que se movem para o Equador são desviados para oeste e se tornam alísios de nordeste, no Hemisfério Norte, e alíseos de sudeste, no Hemisfério Sul, em razão do movimento de rotação da Terra. Suas áreas de origem são os oceanos, por isso são ventos transportadores de umidade, para as regiões por onde passam. Os ventos alíseos de nordeste e sudeste ao se deslocarem em direção ao Equador, formam a Zona de Convergência Intertropical.

Em conjunto com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as massas de ar também são sistemas atmosféricos que estão associados com a modulação do clima da Amazônia. As massas de ar são corpos atmosféricos que contém temperatura, umidade e pressão, carregando características do local de origem. De acordo com Borsato e Mendonça (2015, p. 116)

As massas de ar podem ser definidas como um corpo de ar com milhares de quilômetros de diâmetro e com características uniformes. As massas de ar são grandes células de ar na troposfera, por isso na circulação secundária. Dentro dessas células há uma uniformidade na temperatura e na umidade relativa, e uma gradativa variação na pressão a partir de um centro ciclônico ou anticiclônico. Umas são semi-fixas, outras migratórias.

As massas de ar que atingem com destaque a região referem-se a Massa Equatorial Continental (mEc), Massa Equatorial Atlântica (mEa) e Massa Polar Atlântica (mPa). Com respeito as características da primeira massa de ar citada, a mEc é marcada por ser quente e úmida, tendo sua origem na região amazônica. Segundo Franca (2009, p. 23)

(...) A Massa Equatorial Continental (mEc) é quente e úmida. Originada sobre a Amazônia Ocidental, a mEc conta com a umidade fornecida pela evapotranspiração

vegetal e evaporação fluvial, além de umidade proveniente, por advecção, do Oceano Atlântico.

A Massa Equatorial Continental (mEc) tem maior atuação no período do verão no hemisfério sul, momento no qual se predominam as baixas pressões, carregando por meio dos jatos de baixos níveis, umidade e consequente precipitação para outras áreas do Brasil e de países da América do Sul localizados em latitudes maiores. Conforme Lopes et al., (2021, p. 2) “o agente gerador de chuvas, conhecido como jato de baixos níveis, é responsável pelo transporte de umidade do leste da cordilheira dos Andes desde a região amazônica em direção a bacia do Prata.”

A intensa convecção da Amazônia se converte em uma faixa de umidade e nebulosidade que se estende da porção noroeste em direção a porção sudeste por influência dos ventos alísios de nordeste, porém em meio a esse direcionamento apresenta convergência com as frentes frias no sudeste brasileiro, originando a denominada Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Franca (2015, p. 46) descreve que a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) refere-se “a associação entre a convecção amazônica e frentes frias no Sudeste do país ocasiona a formação de um extenso canal de umidade atmosférica da Amazônia até o Atlântico Tropical Sul”, sobretudo durante o verão quando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) se estabelece mais ao sul da linha do equador, acarretando em constantes precipitações nessas localizações.

O deslocamento da Massa Equatorial Continental (mEc) para o restante do Brasil é impulsionado em grande parte pela contribuição da Massa Equatorial Atlântica, a partir do mês de janeiro (Honório, 2008). No outono a mEa tem continuação, porém enfraquecida na região amazônica, mais voltada ao litoral norte e foz do Amazonas (Mendes et al., 2005), período no qual a radiação solar no hemisfério sul tem intensidade menor.

A mEa tem sua origem relacionada ao braço dos ventos alísios de nordeste, sendo uma massa quente e úmida por ter sua origem no Oceano Atlântico e próxima a linha do equador. Segundo Padaratz (1977, p. 3)

Massa Equatorial Atlântica (mEa) - É constituída pelos alísios de NE e E oriundos de alta pressão da região quente e Úmida do Atlântico. Apesar de possuir calor e muita umidade nos seus níveis inferiores, a existência nos níveis superiores de uma inversão de temperatura provocada pela subsidência, não permite, em condições normais, instabilidades provocadoras de chuvas.

Entretanto, no período do inverno no hemisfério sul, a Massa Equatorial Atlântica (mEa) e a Massa Equatorial Continental (mEc) possuem maior limitação, havendo a entrada de frentes frias em certas partes do sul da região amazônica (Fisch, 1995), decorrentes das características da Massa Polar Atlântica (mPa) que é construída de uma temperatura baixa e alta umidade, com origem no Oceano Atlântico próximo a Patagônia (Sul da Argentina).

Segundo Oliveira et al., (2004, p. 619) “este fenômeno conhecido localmente como “Friagem”, ocasiona uma brusca alteração nas condições meteorológicas, causando uma diminuição da temperatura e umidade do ar e modificando as características ambientais”. Desse modo, evidencia-se na porção sul e sudeste do Amazonas temperaturas baixas que podem chegar aos 10°C, sem embargo tem uma curta duração de dias, vinculados aos meses de julho a agosto (Nimer, 1979).

Em conjunto com os aspectos citados, constata-se que a região Amazônica possui o clima modulado no que corresponde a variabilidade interanual do regime de precipitação pelo fenômeno denominado El Niño Oscilação Sul (ENOS). Este fenômeno caracteriza-se por alterações anômalas da temperatura das águas superficiais e subsuperficiais do Oceano Pacífico Equatorial Leste que refletem diretamente nas mudanças do padrão atmosférico (Pereira et al., 2010).

Moraes Neto et al., (2007, p. 62) discorre que o El Niño Oscilação Sul (ENOS) é “um fenômeno de interação oceano-atmosfera, associado às alterações dos padrões normais da TSM (temperatura da superfície do mar) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e a Austrália”. O El niño está relacionado com o aumento da temperatura (águas mais quentes), enquanto que o La niña está elencado com diminuição da temperatura (águas mais frias) da bacia do Pacífico Equatorial Leste (Trenberth, 1977).

Dessa maneira, em anos com ocorrência do El niño é perceptível que as precipitações na região amazônica são desfavoráveis, reduzidas e abaixo da normal climatológica, ao passo que em anos com atuação do fenômeno La Niña as precipitações na Amazônia são favoráveis, com índices acima da normal climatológica (Souza et al., 2004). O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) apresenta uma durabilidade média de 12 a 18 meses, não sendo um fenômeno perene, mas sim com periodicidade de 2 a 7 anos.

Ao ser debatido o clima da Amazônia, o sistema atmosférico local, ou seja, em micro escala necessita também ser compreendido. Tendo em vista que as terras amazônicas estão engendradas na maior bacia hidrográfica do mundo, formada por grandes quantidades de rios,

lagos, paranás, etc. Este cenário geográfico gera um contraste térmico entre terra e água fazendo com que a circulação atmosférica esteja alicerçada com a brisa fluvial e a convecção diurna.

Fisch et al., (1997, p. 112) alega que a brisa fluvial “é um mecanismo físico no qual o ar, devido ao contraste térmico entre água-terra, move-se em direção do continente durante o dia e vice-versa à noite”, com maior possibilidade de chuva no continente durante o dia devido a convergência do ar, em oposição ao cenário noturno. Constata-se que a brisa fluvial tem mais efeito de acordo com a largura e grandeza dos corpos d'água, estimulando a formação de nuvens convectivas e por consequência a precipitação (Molion; Dallarosa, 1990).

Em outras partes da região amazônica as precipitações são moduladas pelo sistema meteorológico de mesoescala denominado Brisas Marítimas e Brisas Terrestres, como na zona litorânea da região norte e nordeste, seguindo o mesmo sentido do mecanismo que ocorre nas brisas fluviais.

Santos et al., (2012, p. 1111) aponta que “as brisas marítimas são responsáveis pela precipitação máxima ao longo da costa leste das Regiões Norte e Nordeste do Brasil.” Identifica-se nesta região costeira o domínio de movimentos de ar ascendentes em função da convergência dos ventos alísios, que no período do dia se direcionam do mar para o continente (Brisa Marítima) e no período da noite do modo inverso (Brisa Terrestre) (Kousky, 1980; Lima, 2001).

Não obstante, acrescenta-se outro sistema meteorológico de mesoescala como agente modelador das precipitações na Amazônia, as denominadas Linhas de Instabilidade. Sousa (2010, p. 14-15) cita que “as linhas de instabilidade que se forma na costa atlântica da Amazônia são responsáveis pela formação de chuvas próximas à costa dos estados do Pará e Amapá, bem como na Amazônia Central.”

Estas bandas de nuvens contribuintes de precipitações, geralmente estão correlacionadas ao tipo cúmulos, ademais se desenvolvem durante períodos chuvosos com base em uma estrutura em formato de linhas. Fisch et al., (1998, p. 112) discorre que “estas linhas são caracterizadas por possuir grandes conglomerados de nuvens cumulonimbus e são formadas devido à circulação de brisa marítima, podendo-se prolongar para o interior do continente (denominadas LIP) ou não (LIC).”

A Alta da Bolívia integra-se como um mecanismo em larga escala também modulador da precipitação sobre a Amazônia, sendo estabelecido por conta da convergência do ar em baixos níveis e a divergência do ar em altos níveis. De acordo com Fisch et al., (1997, p. 108) (apud Franca; Mendonça, 2016, p. 1)

A Alta da Bolívia é um anticiclone em altos níveis (200 hPa), com centro no altiplano boliviano. Esse sistema organiza a intensa convecção equatorial sobre a região amazônica e o centro da América do Sul e contribui para a produção de elevados volumes de chuva na Amazônia durante os meses do verão austral.

Segundo Ananias et al., (2010) e Reboita et al., (2010) a variabilidade da precipitação pluvial na Amazônia é resultado de influências dos sistemas meteorológicos sinóticos, nesse aspecto pode-se citar a Zona de Convergência Intertropical do Atlântico – ZCIT, Alta da Bolívia – AB, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis – VCAN, Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS e Friagens no que corresponde a mesoescala inclui-se as Cumulonimbus Isolados e Linhas de Instabilidade – LI.

Ademais, observa-se que o El Niño, Oscilação Sul – ENOS e Anomalias das Temperaturas da Superfície do Mar – TSM dos Oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico são fenômenos que impactam na umidade da região, associados assim com contexto de variabilidade climática da região intervindo em alterações nos padrões de chuvas.

Nessa perspectiva, ressalta-se entre as modificações nos níveis precipitações, que as irregularidades atmosféricas induzidas pelos sistemas meteorológicos de escala sinótica associados ao padrão sazonal da circulação atmosférica podem fortalecer o fenômeno de convecção, aumento assim o volume de chuva.

A precipitação na Amazônia pode ser classificada como um dos elementos climáticos que assumem o papel de maior destaque, se encarregando de regulamentar e diferenciar as estações do ano, sendo estas divididas na região entre as estações secas e chuvosas. De modo geral a precipitação na Amazônia demonstra um certo padrão de ocorrência, dessa maneira seguindo estas informações, Fisch et al., (1998, p. 104-106) descreve que

O período de chuvas ou forte atividade convectiva na região amazônica é compreendido entre Novembro e Março, sendo que o período de seca (sem grande atividade convectiva) ocorre entre os meses de Maio e Setembro. Os meses de Abril e Outubro são meses de transição entre um regime e outro.

No entanto, frisa-se que a região, devido a sua grande extensão, é baseada em uma precipitação espacial sazonal e heterogênea, em outras palavras “as quantidades de chuvas não estão porém repartidas na Amazônia uniformemente, nem no espaço, nem no tempo” (Sioli, 1985, p. 17). De modo mais especificado, Marengo e Nobre (2009a, p. 202) no livro Tempo e Clima do Brasil citam a dinâmica de chuvas durante o ano nas regiões da Amazônia de acordo

com um mapa que demonstra a distribuição sazonal de precipitação do Brasil. Segundo a análise destes autores

Em escala sazonal, a Fig. 13.2 (a-d) mostra o início da estação chuvosa no sul da Amazônia, na primavera. Observa-se que os máximos de chuva ocorrem no verão. No outono, os máximos de chuva ocorrem na Amazônia Central, desde o oeste até a foz do Amazonas. No inverno acontece a estação seca na Amazônia Central e do Sul, enquanto o máximo da estação chuvosa acontece no extremo norte da Amazônia. Os trimestres mais secos na região Norte mudam progressivamente de setembro/outubro/novembro no extremo norte, para agosto/setembro/outubro, numa longa faixa latitudinal desde o oeste da região Nordeste; para julho/ agosto/setembro no vale da bacia Amazônica, sobretudo a oeste, e para junho/julho/agosto na parte sul.

Para constatar melhor diferenciação, verifica-se na Amazônia localizações que são caracterizadas por chuvas mais intensas e constantes ao longo do ano, sobrepujando a média pluviométrica. Os pontos com maiores índices de chuva situam-se no noroeste da Amazônia, na região de fronteira entre Brasil, Colômbia e Venezuela, e na foz do Rio Amazonas, zona costeira do litoral que engloba e segue do Estado Pará ao Amapá. Conforme Fisch et al., (1998, p.104)

A região Amazônica possui uma precipitação média de aproximadamente 2300 mm.ano-1, embora tenham regiões (na fronteira entre Brasil e Colômbia e Venezuela) em que o total anual atinge 3500 mm. Nestas regiões não existe período de seca. Estes valores de precipitação elevada próximo à Cordilheira dos Andes deve-se à ascensão orográfica da umidade transportada pelos ventos alíseos de leste da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Na região costeira (no litoral do Pará ao Amapá), a precipitação também é alta e sem período de seca definido, devido a influência das linhas de instabilidade que se formam ao longo da costa litorânea durante o período da tarde e que são forçadas pela brisa marítima.

Contudo, há trabalhos, como exemplo de (Oliveira, 2019; Fisch, 1998; Nobre et al., 2009), que enfatizam ainda a área centro-sul da região Amazônica, com uma média de precipitação anual de 2500 mm, sobrepujando a média geral da região de precipitação de 2300 mm/ano. Este cenário ocorre devido à influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e da chegada de sistemas frontais provenientes da parte subtropical do Brasil.

No entanto, no cenário da região é indispensável a discussão acerca da influência do fator antrópico sobre o clima, promovendo alterações das características habituais. Estas ações possuem relação com as diversificadas práticas econômicas e com a própria expansão populacional impactando e poluindo de distintas formas o ecossistema amazônico, além de contribuir para as mudanças climática globais, alterações que geram também o retorno de

efeitos com consequências negativas para o próprio sistema climático da Amazônia. Segundo Marengo et al., (2011, p. 18)

Tanto o desmatamento direto quanto as mudanças climáticas podem prejudicar severamente o funcionamento da Amazônia como ecossistema florestal, reduzindo sua capacidade de reter carbono, enfraquecendo o ciclo hidrológico regional, aumentando a temperatura do solo e eventualmente impelindo a Amazônia a um processo gradual de savanização.

Entre as principais atividades econômicas na Amazônia pode-se citar a agricultura e pecuária, responsáveis por um alto índice de desmatamento e queimadas, proporcionando como resultado modificações climáticas e a perda da biodiversidade. Conforme Dos Santos et al., (2017, p. 159)

O desmatamento da floresta amazônica leva ao empobrecimento da biodiversidade na região, o ciclo hidrológico também é afetado podendo modificar drasticamente o transporte de umidade fornecido pela floresta para importantes regiões agrícolas do Brasil localizadas no sul e sudeste.

Sendo assim, conclui-se que o clima na Amazônia Brasileira é caracterizado por uma composição de fatores que atuam em perfeito equilíbrio. A importância da Amazônia para o clima mundial é proporcional a sua grandeza e extensão, entretanto os crescentes impactos devido a ação humana põem em risco o futuro climático da Amazônia e consequentemente do Brasil e do Mundo.

2.2 Eventos Extremos de Precipitação e seu contexto na Amazônia Brasileira

O clima é um dos fatores primordiais para a vida, organização e distribuição dos animais e vegetais no planeta terra. Segundo Araújo (2012), a ciência climatológica por meio de pesquisas realça que desde os períodos da antiguidade que o clima já era definido como uma variável responsável pela estruturação das configurações da paisagem terrestres, ordenamento populacional e de seus exercícios de produção e devastação.

Ao ser tratado no âmbito científico a temática acerca do clima, distintos métodos de análise são apresentados. Alguns autores associam por vezes o clima como sendo decorrente de um estado médio da atmosfera, como a definição elaborada por Julius Hann (1883, p.1 *apud* Ugeda Júnior; Amorim, 2016, p. 161) que cita que “o clima é o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em um ponto da superfície

terrestre”, observado por um período de 30 anos (OMM – Organização Meteorológica Mundial).

Contudo, baseado em um olhar e no propósito dos estudos da ciência geográfica, verifica-se que esta conceituação sofre algumas críticas, por não ser considerada propriamente adequada para esta linha teórica, fazendo com que a climatologia geográfica ao longo do tempo utiliza-se outras bases conceituais para a metodologia de análise.

A princípio, é importante frisar que este contexto propicia e induz a um entendimento errôneo do ambiente real e dos elementos do clima que atuam em conjunto na área investigada, como destaca Amorim (2019, p. 255), descrevendo que “os valores médios são abstrações e não permitem a compreensão da realidade, podendo deixar uma falsa noção das características dos elementos do clima sobre determinado local.”

Ademais, evidencia-se que este conceito proporciona outras limitações pelo fato de não incorporar todas as séries de estados da atmosfera, de algum modo refletindo na supressão de tempos atípicos e excepcionais que acontecem naturalmente nas localizações.

De acordo com Barros (2003, p. 20) “quanto aos valores extremos e aos menos ocasionais, estão são totalmente mascarados pelo uso das médias aritméticas, colocando o elemento numa situação de uniformidade que, sabe-se, não é real.” Estes eventos assumem grande relevância nos estudos geográficos por ocasionar impactos e possuir relação direta e indireta com a sociedade.

Agrega-se ainda a análise de que o conceito de clima alicerçado com o estado médio da atmosfera imprime a noção de um estado da atmosfera estático, sem abranger os princípios de ritmo e desenvolvimento dos fenômenos atmosféricos, componentes essenciais para o entendimento climático das localidades.

Diante desta problemática, o geógrafo Max Sorre com base em uma abordagem da Climatologia Dinâmica, elaborou a definição de clima como sendo Sorre (1951, p. 13 *apud* ZAVATTINI, 2000, p. 32) “o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera (estado do tempo) sobre um lugar em sua sucessão habitual”.

O geógrafo busca romper com a generalização transmitida em conceitos relacionados com o método da Climatologia Tradicional, trazendo para a definição de clima o sentido e análise da totalidade, a integração dos estados e elementos que compõem a atmosfera, a noção de atmosfera dinâmica em constante desenvolvimento de fenômenos temporais (ritmo climático), englobando a sociedade e sua estruturação. Para Sant’anna Neto (2001, p. 52), o geógrafo Sorre (1951) “pretendia demonstrar que somente esta perspectiva poderia sustentar

uma análise geográfica do clima, interpretando sua dinamicidade na dimensão da organização do espaço e no cotidiano da sociedade.”

Portanto, seguindo a linha da climatologia dinâmica, verifica-se que esta metodologia realiza a análise do clima atribuindo importância tanto para os valores médios como para os valores extremos. Estes valores que se distanciam acentuadamente da média (normal climatológica) estão associados com a ocorrência dos eventos climáticos extremos. Os eventos climáticos extremos consistem em uma complexidade de fenômenos naturais caracterizados por valores anômalos de um estado climático médio, ou seja, índices anormais das variáveis meteorológicas (Stephenson, 2008).

Contudo, outros conceitos também são apresentados, como exemplo de Senevirantnes et al., (2012) que ressalta no Relatório Especial do IPCC o evento extremo climático como sendo um evento raro em um certo local ou época do ano, até mais raro que o percentil 10 ou 90. De outro modo, Carvalho et al., (2002) descreve que os eventos extremos correspondem aqueles eventos nos quais em um dia específico se apresentam com uma variação de 20% ou mais do total climatológico sazonal de uma região.

Os eventos extremos são um dos constituintes da variação climática, como é citado pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), sendo que esta variabilidade pode ser produto de “processos internos naturais dentro do sistema climático (variabilidade interna) ou às variações nas forçantes externas naturais ou antropogênicas (variabilidade externa)” (Ferreira, 2020, p. 198).

A dinâmica atmosférica se constitui e atua por meio de eventos usuais e extremos, o primeiro não origina tanta preocupação a sociedade por ser naturalmente absorvido, já que acontecem frequentemente e não se distanciam dos padrões observados nas normais climatológicas (Gonçalves, 2013), ao contrário do contexto dos eventos extremos que geralmente produzem grandes consequências negativas a sociedade, modificando radicalmente o cotidiano e em alguns casos ultrapassando a barreira dos impactos econômicos e partindo para desastres com vítimas fatais (Coelho et al., 2012; Da Silva Dias, 2014).

Para exemplificar de maneira mais aprofundada os impactos econômicos, pesquisas realizadas por Mohleji e Pielke Junior (2014) indicam que os prejuízos globais procedentes dos extremos climáticos cresceram cerca de 3,1 bilhões de dólares ao ano e nos Estados Unidos os eventos de tempestades se enquadram como o motivo de 57% das perdas econômicas mundiais.

Percebe-se que, mesmo com o avanço tecnológico e os esforços científicos para entender a dinâmica climática ao longo do tempo, as comunidades continuam extremamente

vulneráveis e desprotegidas perante o cenário de acontecimentos dos eventos climáticos extremos.

Estes eventos extremos podem ocorrer de inúmeras formas e em distintos intervalos de tempo, tendo mais relevância para as atividades humanas os eventos de curto e médio período, como tornados, tufões, ondas de calor, secas prolongadas, chuvas torrenciais, e etc, como cita Marengo et al., (2009b, p. 6) afirmando que os eventos extremos

(...) ocorrem em escalas que podem variar desde dias até milênios. Mais importantes para as atividades humanas, entretanto, talvez sejam os eventos extremos a curto prazo (relacionados à meteorologia) e a médio prazo (relacionados ao clima), devido a seu potencial de impactos significativos.

Diante da diversidade de tipos de eventos de extremos climáticos em conjunto com as distintas temporalidades nas ocorrências, Nascimento Júnior (2016) alega que os eventos podem ser considerados e classificados como extremos climáticos por conta da intensidade, velocidade e frequência, somado ainda a infelicidade pelo fato da magnitude que pode afetar a população com impactos socioeconômicos.

Conforme Santos et al., (2017, p. 468) “os eventos climáticos extremos assumem importância significativa no cotidiano das sociedades, quer seja por sua frequência e intensidade de ocorrência, quer seja pela vulnerabilidade socioambiental.” Nesse sentido, estudos científicos que abordam sobre suscetibilidade e as adaptações às mudanças climáticas estão se tornando cada vez mais notório especialmente nas últimas décadas.

Em prosseguimento ao tema, ressalta-se que estes eventos anômalos não resultam de dinâmicas atmosféricas desconexas com o restante do mundo, como cita Da Silva Dias (2014), que destaca que além de engendrar um padrão de um sistema global, um evento extremo climático não sucede de modo disperso em uma área específica, mas sim apresentam vínculos e correlações com outras áreas.

É fundamental destacar que o IPCC é resultado da união entre a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), cuja missão é “avaliar as informações científicas, técnicas e socioeconômica relevantes para entender os ricos induzidos pela mudança climática, seus potenciais impactos e opções para adaptação e mitigação” (IPCC, 2013b, p. 1).

Dentre os vastos conteúdos que são abordados no relatório do Painel Inter governamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014a), a análise atual que mais se destaca está elencado com o crescente aumento da frequência da ocorrência dos extremos climáticos.

Ademais, bastantes estudos regionais que investigaram sobre as modificações nos extremos climáticos tiveram como resultados a constatação de que, de modo geral, os eventos extremos de “temperaturas mínimas têm aumentado mais rápido do que comparação aos de máximas” (IPCC, 2013a).

Agrega-se através de embasamentos científicos outros apontamentos que alertam sobre a cautela que se deve ter com a temática. Marengo et al., (2007a) aponta que certos modelos climáticos e alguns estudos de projeções do clima demonstraram que os extremos climáticos de curta duração possuem a tendência para o futuro de se intensificar tanto na frequência como também na intensidade.

Bernstein et al., (2007) discorre que determinados eventos extremos estão tendo alterações durante os últimos 50 anos, tanto em relação a frequência como também na intensidade, como exemplo da maior frequência de eventos extremos de precipitação ao redor do mundo, tendo destaque as ocorrências na porção oriental da América do Sul e Norte, zona central da Ásia e na parte setentrional da Europa.

No Brasil, a variação sazonal referente as estações do ano, mesmo não tendo características tão definidas, estão passando por altas oscilações, com a constatação de eventos climáticos extremos ao longo desses períodos. Diante disso, diversos impactos são observados no território brasileiro, como afirma Loureiro et al., (2014, p. 84)

Nas últimas décadas, os eventos extremos têm causado constantes impactos em inúmeras cidades brasileiras. Estes podem ocorrer na forma de ondas de calor, períodos de estiagem, inundações, deslizamentos, etc. Certamente, as estiagens, as inundações e os deslizamentos são os desastres naturais mais frequentes no país.

No que corresponde a conjuntura dos eventos extremos de precipitação, Easterling et al., (2000) observou através de estudos que estes tipos de extremos evidenciaram um aumento em distintas áreas do planeta, como: Estados Unidos, China, Austrália, Japão, Noruega, África do Sul, Canadá, por outro lado os eventos de seca também tiveram índices elevados em regiões como China, Japão, Etiópia e Tailândia.

Soma-se ainda o 5º Relatório de Avaliação do IPCC (AR5) que acentua a grande probabilidade da maior frequência e intensidade dos extremos de precipitação nas regiões tropicais e nas latitudes médias até o término do século XXI, devido a elevação da temperatura média da superfície global (IPCC, 2013c).

À vista disso, ao ser averiguado estes apontamentos dos Relatórios do IPCC e de autores que tratam com grande aprofundamento o tema, não se resta dúvida de que os entre os tipos de

eventos extremos climáticos, os extremos de precipitação requerem uma atenção especial nas investigações científicas.

Estes eventos são definidos por Santos e Galvani (2014, p. 215) como sendo “[...] os valores de precipitação que não se encontram dentro do intervalo da normal climatológica ou dos valores médios de uma determinada série histórica podem ser considerados como eventos extremos”.

Entretanto, para atingir a compreensão dos eventos extremos de precipitação é imprescindível entender e analisar as características da precipitação em si, de certa região ou lugar. Segundo Santos e Galvani (2014) a precipitação é o elemento mais significativo quando se pretende realizar uma análise climática de uma região, sobretudo em uma região tropical (Galvani et al., 1998).

A precipitação assume um papel expressivo devido aos efeitos que podem ocasionar no espaço geográfico de acordo com o seu nível de intensidade, somado as variações temporais tanto diárias, quanto sazonais e anuais que provocam consideráveis intervenções no que diz respeito a vida animal e vegetal. Baldo (2006, p. 2) destaca que a

Precipitação pluviométrica, merece uma ênfase especial, uma vez que a sua distribuição no espaço e sua irregularidade no tempo tornam-se relevantes, não apenas do ponto de vista climático, mas principalmente pelas repercussões na agricultura e nos problemas de ordem econômica delas advindos, no abastecimento de água, na produção de energia hidrelétrica, nos processos físicos e em outras formas de vida.

Dessa forma, é fundamental o discernimento e estudos de previsão acerca das características das precipitações pluviométricas, especialmente no que tange a busca por um melhor domínio sobre o comportamento das precipitações com intensidades máximas e anômalas, o período de extensão desse fenômeno e sua frequência de ocorrência.

Ao longo da história, nota-se que sempre houve episódios de precipitações com altos índices (mm), sendo observado por muito tempo essa dinâmica. Contudo, nos dias atuais esta alta taxa de precipitação se converteu em comportamento atmosférico danoso e ameaçador a população, tendo em conta a realidade do aumento populacional, que contribuem para um preocupante cenário das ocupações desordenadas em áreas indevidas que estão suscetíveis a desastres naturais. Para esclarecer melhor a relação entre eventos extremos de precipitação e impactos na sociedade, Farias (2016, p.88) descreve que

Os eventos extremos pluviais não podem ser considerados como os responsáveis pela perda de vidas, onde na verdade o que provocam essas mortes não são as chuvas e

sim a fragilidade, a falta de estrutura observadas principalmente nos centros urbanos. Somado a isto, a falta de políticas públicas, planejamento por parte dos órgãos públicos, voltadas para a mitigação dos desastres naturais, assim como uma consciência da população no que tange à educação ambiental, potencializam ainda mais os transtornos provocados a partir da ocorrência de episódios de chuvas intensas. à ocorrência de desastres.

Em face do exposto, observando a vulnerabilidade da realidade social, constata-se que os eventos extremos de precipitação podem causar impactos ainda maiores, fazendo com que se tornasse uma das pautas mais propaladas em debates no Brasil e no mundo. Nos últimos anos, países da América do Sul, como Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai, Chile, Peru e Uruguai, têm sofrido com distintos desastres naturais ocasionados por fenômenos hidrometeorológico e climático, ressaltando os eventos de seca e inundações causadas por variações da precipitação (Nunes, 2015).

A parte norte da América do Sul não se desvencilha desta ocorrência, a Venezuela por volta do final do ano de 1999, sofreu intensas inundações e deslizamentos ao longo de sua costa central devido aos extremos pluviométricos, acarretando em mais de 10.000 mortes e prejuízo econômico contabilizado em cerca de 1,8 bilhão de dólares (Lyon, 2003).

Com relação a estes fatos no Brasil, os trabalhos de Ribeiro et al., (2014) e Freitas et al., (2014) apresentam que na última década os eventos extremos de precipitação foram um destaque negativo no cenário brasileiro, podendo ser salientado as chuvas intensas em Santa Catarina no ano de 2008 e Rio de Janeiro em 2012, que resultaram em inundações, deslizamentos de terra, mortes de cidadãos e elevado número de desabrigados.

Ademais, Marengo (2014, p. 27) alega que “no Brasil, ao se analisar o histórico de ocorrência de eventos climáticos extremos, observou-se que nos últimos 30 anos tem aumentado a frequência de chuvas fortes no verão e no inverno do Sul e do Sudeste”, gerando assim um sinal de alerta para a população.

No entanto, o cenário da região Amazônica não é distinto quando se debate sobre estes eventos, diversos estudos demonstram a grande frequência de extremos pluviométricos ao longo das últimas décadas, sendo destacado os trabalhos de Marengo et al., (2013a) e Espinoza et al., (2014).

No trabalho realizado por Haylock et al., (2006) foi detectado, a partir da utilização de registros pluviométricos das estações de Manaus e Belém desde 1961, um crescimento do índice de precipitações que ultrapassa os percentis 99th e 95th, indicando uma tendência de aumento dos eventos mais fortes e extremos no decorrer dos últimos 40 anos.

Portanto, o clima dessa região tem apresentado variações drásticas, com ocorrências de eventos extremos de precipitação, apontando uma ruptura com o comportamento uniforme médio das características climáticas, como cita Santos et al., (2017, p. 468) “vários estudos têm documentado uma alta frequência de secas e chuvas extremas sobre a Amazônia durante as últimas décadas.”

Evidentemente, não é apenas relevante a ênfase das investigações do passado e presente, mas também do futuro pluviométrico da Amazônia, sendo assim, projeções apontam que na Amazônia ocidental haverá um aumento dos extremos de precipitação, assim como na sua frequência de ocorrência, gerando maior ameaça de enchentes para esta região (Marengo et al., 2009c, p. 283).

Estas enchentes na Amazônia foram tratadas por alguns autores, no caso das inundações no ano de 2008 e 2009 por Marengo et al., (2012), em 2012 por Marengo et al., (2013a) e Espinoza et al., (2013) e as do ano 2014 por Espinoza et al., (2014), acontecimentos provenientes de um extenso intervalo de precipitações intensas e com durações longas. Segundo Ferreira et al., (2020, p. 198)

Em condições de pluviosidade excessiva, os municípios com área urbana maior e infraestrutura e serviços públicos inadequados são impactados nas dimensões sociais e econômicas, a exemplo do maior número de casos de doenças tropicais transmitidas por insetos vetores, prejuízos materiais devido o alagamento de vias e residências, quedas de árvores e potenciais perdas de vidas humanas.

Os extremos de precipitação necessitam ter ênfase quando se discute sobre a Amazônia pois estes eventos estão alicerçados com a precipitação, que é um dos elementos atmosféricos que modela e se prepondera diante das características climática da região, marcada pela grande umidade, alta atividade convectiva, elevadas taxas de chuva ao longo do ano, sendo o principal agente da dinâmica fluvial e determinando o modo de vida populacional.

Segundo Fisch et al., (1998) a precipitação pluviométrica é uma das variáveis mais relevantes ao se analisar o clima da região Amazônica, estabelece a diferença entre o período chuvoso e seco, sendo um elemento no geral que apresenta ampla variabilidade nas escalas temporal (diária, mensal, sazonal, anual e decadal) e espacial (local, regional, continental e global) (Souza et al., 2017).

Entretanto, diante das mudanças climáticas globais a Amazônia tem sofrido com variabilidades anômalas de precipitação, com os eventos extremos, sendo essencial o

conhecimento e o monitoramento desses comportamentos principalmente pela alta suscetibilidade da população local amazônica.

Apesar da população urbana sempre ser destacada em pesquisas, e claramente serem impactadas pelos eventos extremos, a realidade amazônica impõe um olhar também para a população rural, ribeirinha e indígena, enquadradas em uma situação de maior vulnerabilidade diante das mudanças climáticas e que estão enfrentando os eventos extremos na “linha de frente” (Torres et al., 2023).

Oliveira, Mafra e Soares (2012) destacam que as flutuações climáticas afetam de forma mais intensa as comunidades que se estabeleceram ao longo das margens dos rios. Os moradores ribeirinhos enfrentam maior vulnerabilidade às variações climáticas extremas, uma vez que grandes áreas de terra são inundadas ou drenadas, desestabilizando as planícies, prejudicando os cultivos e dificultando a locomoção. Ademais, esses eventos também resultam em uma barreira de distanciamento, dificultando o alcance de assistência governamental em meio a esses períodos.

Na Amazônia a discussão entre precipitações anômalas e enchentes são impossíveis de serem desassociadas, sobretudo pela relação dos rios e a população local. Segundo Freitas et al., (2014) as inundações mais extremas são consequência de chuvas excessivas e/ou prolongadas, o que causa efeitos instantâneos nas populações vulneráveis. Contudo, as inundações graduais são ocasionadas por uma combinação de diversos fatores climáticos que prolongam o período da estação cheia, resultando em vários problemas para as comunidades ribeirinhas.

Embora as populações ribeirinhas mais isoladas tenham desenvolvido estratégias para lidar com as flutuações naturais do nível da água na região, os eventos climáticos extremos relacionados às mudanças climáticas estão alterando o padrão de enchentes e estiagens dos rios, superando a capacidade dessas comunidades de lidar com esses fenômenos (Pinho et al., 2015).

Marengo (et al., 2008c) ressalta também este cenário, afirmando que devido às mudanças climáticas globais, tem sido observada uma modificação no padrão sazonal dos rios da região Amazônica. Esta realidade gerar um aumento na incidência de eventos fluviais extremos com um impacto direto na vida das comunidades ribeirinhas fazendo com que os atuais planejamentos e medidas estratégicas de adaptação a população amazônica possam se tornar limitados.

Além disso, quando se debate a Amazônia, é de grande destaque no modo de vida e também no aspecto econômico regional a atividade pesqueira, tanto para o próprio consumo,

como para o comércio. Segundo Torres et al., (2023) na opinião dos pescadores, as mudanças nos padrões de chuva e vento, juntamente com o aumento da temperatura, têm impactado negativamente a produtividade da pesca. Além disso, a intensificação de eventos extremos, como tempestades, tem causado prejuízos às comunidades, incluindo danos às estruturas das construções, quedas de árvores, perda de equipamentos de pesca e ocorrência de naufrágios.

Outra questão relevante que se pode citar, refere-se a forte dependência da produção agrícola na Amazônia com dinâmica de precipitação tanto no que se refere a distribuição como intensidade das chuvas, já que a precipitação ocasiona a regulação de variações de outros elementos climáticos, como temperatura, umidade nebulosidade e incidência solar na superfície (Moraes et al., 2005).

Sendo assim, o entendimento e estudos não podem se limitar apenas à quantidade total de precipitação anual, mas também à sua distribuição ao longo do ano, à variabilidade e aos eventos extremos. Isso é de grande importância para a continuação sem fortes impactos negativos a esta prática agrícola.

Os indígenas por outro lado vivem em meio a imensidão da floresta amazônica utilizando dos recursos naturais para a sua subsistência, com técnicas e tecnologias criadas ao longo da história essenciais para a sobrevivência por meio da experiência e da leitura da natureza.

Porém com as mudanças climáticas e eventos extremos de precipitação cada vez mais sendo inserido em suas rotinas, o impacto é obvio e as técnicas podem ser superadas por estes fenômenos anômalos da natureza, fazendo com que ocasione mudanças em seus modos de vidas e a exigência de uma nova leitura dos comportamentos atmosféricos. Seguindo este contexto, Paula (2017, p. 32) acentua que “(...) as populações tradicionais e povos indígenas também são vulneráveis as mudanças climáticas, tendo seu modo de vida ameaçado podendo comprometer a rica sociobiodiversidade brasileira.”

Agrega-se como embasamento, ainda sobre a situação delicada dos povos indígenas em frente as alterações climáticas, a citação de Dourado et al., (2016, p. 233-234) que relata

(...) Alterações no regime de precipitação já estão sendo sentidos na região e relatados pelos indígenas. Atrasos no início das chuvas ou ausência destas, por exemplo, já são ameaças reais à prática de rituais culturais e à produção de alimentos nas roças, colocando em risco a própria cultura indígena e sua segurança alimentar.

A esse respeito, Marengo (2007a) declara que a nação brasileira é vulnerável perante o cenário das mudanças climáticas, sobretudo em frente a atuação dos extremos climáticos (secas e enchentes), estando a região amazônica e o nordeste brasileiro inseridos na classificação como as áreas mais vulneráveis (Marengo, 2006).

Desse modo, fica claro que as mudanças climáticas combinadas sobretudo com os eventos extremos de precipitação já são partes da realidade brasileira que não podem ser negligenciadas e postas em segundo plano, tendo em vista que esses eventos passaram por transformações, com um histórico de ocorrência que antes prevalecia com períodos distantes para acontecimentos recorrentes com pouco espaçamento no atual momento. Ademais, independente das causas e fatores, a cada ano os graus dos impactos tem se intensificado, sendo o mundo amedrontado ainda por previsões de catástrofes ainda piores.

2.3 Amazônia Brasileira e os possíveis fatores dos Eventos Extremos de Precipitação

Ao se debater sobre a temática em questão, é importante não somente implementar os esforços para compreender a forma e a frequência de ocorrência dos eventos extremos precipitação, mas também direcionar as discussões para os prováveis fatores e motivos que contribuem para o desenvolvimento e acontecimentos destes eventos.

Não por acaso, quando se debate sobre os eventos extremos já é habitual a associação de modo geral com as mudanças climáticas, e seguindo esta linha, autores comentam e embasam esta relação. Planton et al., (2008) e Trenberth et al., (2015) em estudos assinalam a alta possibilidade de que os extremos de precipitação estejam relacionados com as mudanças climáticas.

Sem embargo, a depender do modo de ocorrência dos eventos extremos, pode ser que não tenha relação com o contexto da mudança climática, como no fato de sucederem de forma isolada, estando dessa maneira ligado a uma variabilidade climática natural. Todavia, quando se observa uma durabilidade com padrão de ocorrência, nesse caso é possível designar que há um envolvimento com as alterações climáticas (IPCC, 2007b).

Ademais, para se realizar a confirmação por parte das investigações científicas, é necessário indícios que comprovem o elo entre causa e efeito, a partir também de uma compreensão aprofundada sobre o ritmo, período de durabilidade e origem destes fenômenos anômalos durante o tempo, para assim se aproximar de um entendimento seguro sobre as possíveis alterações nos padrões climáticos.

Para entender melhor a possível relação entre mudanças climáticas e eventos extremos climáticos, é importante uma análise minuciosa sobre a dinâmica das alterações climáticas no

passado e presente. Ao se verificar a história do clima da terra de forma minuciosa, é notório que ao longo dos 4,5 bilhões de anos este planeta já passou por grandes transformações climáticas, resultado de processos e episódios variados, vinculados em certos momentos com o próprio desenvolvimento e evolução da atmosfera terrestre.

Nesse sentido, pode-se citar alterações climáticas causadas por emissões vulcânicas, deslocamento das placas tectônicas, modificações na intensidade solar, colisão com enormes meteoros (Miller, 2008), além disso o planeta sofreu mudanças devido as distintas eras e períodos, como a glacial e interglacial. Desse modo, segundo Miller (2008, p. 420) estas mudanças climáticas no planeta “não são nem novas nem incomuns”.

No entanto, nos últimos tempos, com destaque para o último século, as mudanças climáticas tem tomado um caminho preocupante que podem provocar alterações até perduráveis e inconversíveis, caracterizado pelo protagonismo negativo do aquecimento global, consequente do possível aumento da concentração na atmosfera dos gases de efeito estufa.

Este panorama é abordado pelo (IPCC, 2007a) no 4º relatório, onde é demonstrado que começou a acontecer um progressivo aumento na concentração dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera terrestre a partir dos últimos 100 anos, indicando que isto é decorrente em grande parte pelas atividades antrópicas. Portanto, ao passo que as mudanças climáticas do passado são colocadas como derivadas de fatores naturais, as mudanças dos últimos séculos são incumbidas especialmente as atividades antrópicas.

No que tange esta possibilidade da participação antrópica ao se tratar sobre a intensificação do efeito estufa, destaca-se o lançamento a atmosfera do dióxido de carbono (CO_2), seguido do metano (CH_4) e óxidos nitrosos (N_2O), com o protagonismo ainda do vapor d'água (H_2O), que tem seus valores acrescido pelo próprio aumento do aquecimento da atmosfera, motivado pelas atividades humanas como exemplo da queima de combustíveis fósseis, sobretudo a partir da revolução industrial. De acordo com Lacerda e Nobre (2010, p. 15)

De fato, desde meados do século XVIII, com a Revolução Industrial, a emissão de dióxido de carbono de origem antrópica tem aumentado significativamente. Com uma economia mundial estruturada no fornecimento de energia por meio da queima de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão mineral, a humanidade presentemente produz um excesso de aproximadamente 3,8 bilhões de toneladas de CO_2 por ano, além da parte do CO_2 de origem antropogênica que é absorvido pela atividade fotossintética das plantas e pelos oceanos.

Marengo (2001) alega que os níveis de CO₂ se elevaram a partir do período marcado pela Revolução Industrial (1860), com a taxa de CO₂ indo de 280 partes por milhão (ppm) para cerca de 360 ppm na atualidade. O relatório do IPCC (2001a) aponta que as taxas de CO₂ são consideradas as mais altas dos últimos 400 mil anos, sendo que o aquecimento global notado nos últimos 50 anos é plausível de que esteja correlacionado com as atividades antrópicas. Dessa maneira, verifica-se estes apontamentos para a forte relação entre o aquecimento global e causas antropogênicas.

O efeito estufa, ao contrário do que se cogita superficialmente, se desenvolve naturalmente no planeta, sem a necessidade da intervenção antrópica, sendo um processo fundamental para a configuração, manutenção e possibilidade de desenvolvimento da vida biológica, animal e vegetal no planeta. Este é um fenômeno natural de aquecimento da atmosfera terrestre que acontece por causa da retenção da energia irradiada pela Terra por meio da atuação dos gases do efeito estufa. Sobre este fenômeno, André (2006, p.2) embasa a discussão e detalha que

A energia solar chega ao planeta na forma de radiação de ondas curtas, e a maior parte dessa radiação atravessa diretamente a atmosfera e é absorvida pela superfície terrestre, depois é liberada de volta para o espaço, na forma de irradiação infravermelha de ondas longas. A maior parte da irradiação infravermelha que a superfície emite é absorvida pelo vapor d'água, pelo dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa presentes naturalmente na atmosfera. Desta forma, esses componentes da atmosfera impedem que a energia passe diretamente da superfície terrestre para o espaço. Assim, essa energia é transportada para as camadas mais altas da atmosfera através de processos naturais.

O processo de retenção da energia terrestre no efeito estufa decorre em grande parcela pela presença do vapor d'água, nuvens e gás carbônico (dióxido de carbono CO₂). Entretanto, existem outros elementos com menor concentração na atmosfera que também atuam na ocorrência deste fenômeno, sendo destacado o metano (CH₄), ozônio (O₃), óxido nitroso (N₂O), clorofluorcarbono (CFC), somado ainda a outros gases (Casagrande et al., 2011).

A camada de ozônio também integra a lista de elementos afetados de ações antropogênicas, ainda que haja a parcela de envolvimento e autoria dos próprios fatores naturais nessas modificações. É notório a inclusão das atividades humanas no auxílio da redução da camada de ozônio, onde através da circulação atmosférica gases poluentes antropogênicos encontram e interagem com o ozônio na estratosfera e os reduzem em sua concentração, sendo ressaltado a emissão de gases composto por Clorofluorcarbonos (CFCs), Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), Halon e Tetracloroeto de carbono (CTC).

Em função deste impacto na camada de ozônio na estratosfera, é nítido que o poder de absorção da atmosfera e a defesa da terra em relação a radiação ultravioleta será afetado, acarretando no maior aquecimento da superfície terrestre e por conseguinte o maior aumento da temperatura na troposfera. Entretanto, em contrapartida a estratosfera também tem seu padrão de temperatura atmosférico modificado, com a tendência para o resfriamento, apesar do efeito estufa possuir vários componentes da atmosfera. Segundo Agostinho et al., (2012, p. 50-51)

Mas é previsto que o aumento na concentração dos gases indutores do efeito estufa causará um resfriamento da estratosfera. Este fenômeno ocorre por duas razões: em primeiro lugar, há mais infravermelho térmico refletido do que absorvido a baixas altitudes (Troposfera), e assim menos resta para ser absorvido e aquecer os gases da estratosfera; em segundo lugar, nas temperaturas estratosféricas, o CO₂ emite mais radiação infravermelha para o espaço que absorve Fótons, grande parte desta absorção nessas altitudes deve-se ao vapor de água e ao Ozônio (O₃) e, assim o aumento em sua concentração resfria a estratosfera. De fato, o resfriamento observado da estratosfera indica que o efeito estufa está sofrendo uma intensificação.

Como consequência destas modificações na temperatura e nas concentrações dos elementos químicos destas camadas, se desenvolvem em conjunto o cenário das mudanças na circulação do padrão atmosférico e nos gases que integram o efeito estufa, além do mais, o desequilíbrio do padrão de uma camada atmosférica direciona a variações em outras.

Á vista disso, com esta conversão das características termoquímicas das camadas, aumento da intensidade do efeito estufa e cenário do aquecimento global, os efeitos geográficos para as populações podem ser sentidos por intermédio da elevação da temperatura média do planeta, mudanças no regime de chuvas provocando a maior frequência e intensidade das secas, inundações, tornados, crescimento da desertificação, derretimento das calotas polares e das geleiras, aumento do nível médio da água do mar (Tavares, 2001; IPCC, 2001b), desequilíbrio de ecossistemas, evaporação das reservas aquíferas, aumento dos eventos extremos, entre outros.

No que concerne as previsões para os futuros climáticos, de acordo com Nobre et al., (2008), estudos envolvendo vários modelos regionais apontam que as mudanças climáticas mais severas previstas para o final do século XXI estão relacionadas com a região tropical, especialmente na Amazônia e Nordeste brasileiro.

Marengo (2001) designa que os extremos climáticos são um dos resultados das mudanças climáticas, relacionada com o aquecimento global, promovendo mudanças nos extremos de precipitação para um caminho de maior intensidade de secas e chuvas, em conjunto com maiores frequências de acontecimentos.

Além disso, segundo este mesmo autor (Marengo, 2007b), diante de todas as áreas do planeta impactadas pelas mudanças climáticas, países caracterizados pelo menor desenvolvimento e localizados na região tropical tendem a ser os mais afetados sobretudo nos contextos das ocorrências dos eventos extremos climáticos.

Este panorama é citado em vários trabalhos, pesquisas e estudos, tendo em vista que o ciclo hidrológico é um dos pontos atingidos pelas mudanças climáticas, alterando o regime e disponibilidade de precipitação nas regiões e no contexto geral causando o desequilíbrio das configurações naturais.

Devido a grande probabilidade de relação entre a emissão de dióxido de carbono (CO₂), agravamento do efeito estufa e as mudanças climáticas, o Brasil assume atualmente uma posição delicada no que se refere a lista de países mais poluidores do planeta, estando na 4ª posição por reflexo do desmatamento e das queimadas, que juntos lançam mais de 75% do total de dióxido de carbono (Lacerda; Nobre, 2010).

O desmatamento é um elemento importante no que tange a lista de fatores prováveis de contribuição para a ocorrência dos eventos climáticos extremos. A remoção de grandes áreas de florestas afeta o equilíbrio natural do ecossistema e pode levar a mudanças no clima local e global.

Nos últimos tempos, evidencia-se que a floresta tropical amazônica vem sofrendo uma alta parcela de atividades antrópicas resultando no desmatamento e queimada. As mudanças climáticas atuam por um lado ameaçando este bioma a longo prazo, por conta das modificações decorridas na dinâmica do sistema local. Entretanto, em contrapartida há que se acrescentar o desmatamento como responsável por uma ameaça mais a curto prazo, impactando de modo direto no equilíbrio climático da região, como exemplo da evapotranspiração da floresta, que perde seu potencial total de lançamento de umidade, e propicia uma possível conversão do ambiente para um cenário mais quente e seco, interferindo negativamente em outras regiões também por intermédio da circulação atmosférica (Marengo et al., 2011).

Com o aumento das preocupações sobre as mudanças climáticas, é crucial também o monitoramento da variabilidade das chuvas em relação às mudanças feitas pela ação humana na paisagem da Amazônia, bem como ao aumento da temperatura global. Isso se torna necessário porque os efeitos dessas mudanças podem ter consequências graves para o ecossistema amazônico (Adams et al., 2009).

O desmatamento em conjunto com as mudanças climáticas representam um intenso prejuízo no funcionamento natural deste ecossistema florestal Amazônico, não somente na

evapotranspiração da floresta, mas também pode-se citar os danos a biodiversidade, diminuição da capacidade de retenção do carbono, elevação da temperatura do solo, gerando problemas no ciclo hidrológico regional e como consequência geral uma possível progressão sistemática de savanização (Marengo, et al., 2011), refletindo ainda na redução da quantidade de chuva em várias áreas do Brasil e em algumas regiões da América do Sul (Fearnside, 2005).

Diversos modelos climáticos provenientes de estudos e pesquisas científicas buscam um conhecimento aprofundado sobre as mudanças climáticas no Brasil e na Amazônia, diante do progressivo desmatamento na Amazônia, realizando análises especialmente sobre as previsões de alterações nas precipitações.

Destaca-se nesse sentido, o resultado do estudo de modelagem climática de Correia et al., (2008) e Artaxo et al., (2014) aponta que foi observado perante o desmatamento parcial da floresta, um aumento na quantidade de chuva na região. No entanto, quando simularam um desmatamento mais amplo e extenso, foi constatado que o clima se tornou mais seco, com uma redução na quantidade de chuva local.

Outros trabalhos realizados por Chu et al., (1994) somado a Gash e Nobre (1997) embasam esta projeção, designando que a remoção da vegetação pode criar condições que favorecem a formação de correntes de ar ascendentes, promovendo maior ocorrência de chuvas. No entanto, esse efeito só é observado em uma realidade com as taxas de desmatamento ainda pequeno, pois quando grandes áreas são desmatadas, o impacto na precipitação pode ser diferente. Segundo Fearnside (2022, p. 12-13)

O potencial do desmatamento em aumentar a precipitação local ao criar correntes de ar ascendentes convectivas que provocam a formação de nuvens pode levar um leigo a concluir que o desmatamento não é tão ruim. Poderia se ter uma melhoria temporária e ilusória à medida que o desmatamento avança, seguida por uma íngreme queda na precipitação quando o desmatamento passa de certo limiar. Além disso, o aumento da precipitação sobre uma área desmatada significa que a chuva foi tirada de algum outro lugar. Isso inclui tanto os distantes destinos do transporte do vapor de água quanto as bordas florestais próximas. (...) Essa seca das bordas adiciona um fator de retroalimentação que reforça a degradação das bordas da floresta, por meio do estresse de fogo e água.

Com base nas pesquisas realizadas por Lejeune et al., (2015) e Llopart et al., (2018), foi identificado um padrão dipolar de chuva como reflexo do desmatamento na região amazônica, assinalando o norteamo da dinâmica pluviométrica para a diminuição na quantidade de chuva na parte oeste da Bacia Amazônica e um aumento na quantidade de chuva na parte leste da região.

De acordo com o estudo realizado por Silva et al., (2016), foi observado que o contexto porvindouro da precipitação é oposto ao padrão dipolar anteriormente mencionado. Neste caso, o oeste da região amazônica se converteu em uma área mais úmida, enquanto o leste da região apresentou uma condição mais seca em relação à precipitação.

Segundo Marengo (2004), não há uma tendência nítida de aumento ou redução na quantidade de chuva na região amazônica devido ao desmatamento. Em vez disso, observa-se uma tendência de variações interdecadais divergente entre a Amazônia do Norte e do Sul, ou seja, as mudanças na quantidade de chuva ao longo do tempo não seguem um padrão consistente, variando de uma década para outra e diferindo entre as regiões do norte e do sul da Amazônia.

Nesse sentido, para a Amazônia, se a quantidade de chuva diminuir devido às mudanças climáticas globais, essa diminuição se somará à diminuição já esperada devido ao desmatamento na Amazônia (Nobre, et al., 1991; Rocha, 2001).

Em síntese, na Amazônia os aumentos previstos na temperatura teriam um efeito de retroalimentação positiva, tornando os ecossistemas amazônicos mais suscetíveis às mudanças climáticas globais causadas pelo aumento do efeito estufa, bem como às mudanças regionais decorrentes do desmatamento. No entanto, a indeterminação de projeções em relação às alterações nos padrões do regime de precipitação impossibilita uma avaliação clara se esse feedback climático será positivo ou negativo em relação a esse parâmetro climático específico.

Até poucas décadas atrás, a Amazônia era caracterizada por apenas duas estações distintas: uma estação chuvosa e uma estação menos chuvosa. No entanto, atualmente, a região amazônica está experimentando mudanças extremas, com intensa variabilidade climática, indo desde inundações catastróficas até secas tão severas que resultam em impactos significativos na disponibilidade de água (Marengo; Souza Jr, 2018, p. 9).

Estas mudanças estão se desenvolvendo simultaneamente com a interferência da atividade humana relacionada à economia, como as mudanças no uso da terra com a expansão da agropecuária, somado ainda a urbanização, que geram um impacto significativo na cobertura florestal e de forma geral na preservação da Amazônia.

Como consequência, o desmatamento se apresenta na Amazônia, bem como os processos de degradação da biomassa florestal causados por queimadas, extração madeireira e exploração de recursos florestais não madeireiro, sendo importante ressaltar que essas atividades só têm um impacto negativo quando não são realizadas de forma sustentável. Segundo Santos et al., (2017, p. 159) “estudos apontam que o desmatamento na Amazônia tem

como uma das principais causas, as atividades de origem antrópica como a agricultura, pecuária, somada a agricultura do tipo de corte e queima.”

O desmatamento na Amazônia não é um fato recente, posto que já se desenvolve desde o início de sua colonização (Soares-Filho et al., 2005), porém, foi durante as décadas de 1960 e 1970 que o desmatamento na Amazônia começou a se intensificar de maneira mais drástica. De acordo com Mello e Feitosa (2020, p. 2)

Assim, com as políticas adotadas na época, a consolidação da ocupação da Amazônia foi realizada visando integrar a Amazônia com o resto do País e com o capital internacional, assim, o Governo Militar adotou um conjunto de medidas de ocupação do território amazônico, com o lema “Integrar para não Entregar” e “Terra sem homens para homens sem terra”.

Nesse período caracterizado pelo governo militar, houve o estabelecimento de políticas de desenvolvimento que incentivaram a ocupação e integração da região Norte do Brasil, incluindo a construção de estradas, como a Transamazônica, que facilitaram o acesso a áreas remotas da floresta, e intensificaram o incremento do desmatamento (Fearnside, 2005).

Além da construção da Transamazônia (BR-230), a BR-319 é ressaltada por Correio et al., (2019, p. 70), afirmando que

(...) estas rodovias foram implementadas durante o Governo Militar, na década de 1970, proporcionaram um eixo de estruturação para os projetos de colonização, circulação da produção agropecuária e madeireira e a grilagem de terra. Este eixo estruturante transformou significativamente o espaço na Amazônia, sobretudo na intensificação do desmatamento.

Nesta fase, a região passou a vivenciar a intensa ocupação de contingentes populacionais, o desmatamento teve um forte aumento por conta da expansão da fronteira agrícola, permitindo que houvesse a mudança no uso da terra com o crescimento da agropecuária, sobretudo da pecuária extensiva que necessita latifúndios para a criação de pastagens, fazendo com que ao longo do tempo este setor econômico se tornasse o carro-chefe da economia Brasileira.

Contudo, o desmatamento na Amazônia continuou ao longo das décadas seguintes, impulsionado por diversos fatores, com a própria expansão agropecuária já citada, a exploração de madeira, a mineração e a urbanização, tendo destaque no atual momento o olhar do mercado brasileiro para as commodities (agrícola e mineral) que são bastante valorizadas no mercado internacional (Correio et al., 2019).

Embora existam diferentes motivos para o desmatamento da floresta amazônica, a criação de gado continua sendo o fator principal. Cerca de 70% do desmatamento é atribuído às fazendas de médio e grande porte (Fearnside, 2022). Devido à sua lucratividade e estabilidade econômica, a pecuária tem sido identificada como a principal responsável pelo desmatamento. Isso ocorre devido à necessidade de expansão contínua das áreas ocupadas, à uniformização do uso do solo e à concentração de terras. No entanto, sua rentabilidade está ligada a fatores adicionais, como exploração madeireira, mineração ilegal, outras formas de extrativismo, comércio, agricultura e, principalmente, a aquisição ilegal de terras (Castro, 2005).

Desse modo, evidencia-se que a ocupação acelerada da região amazônica teve início nos anos 1970, entretanto embora ainda existam áreas extensas preservadas, a taxa de desmatamento é alarmante, principalmente na região conhecida como "arco do desmatamento", localizada ao longo das bordas sul e leste. A perda da diversidade biológica e os impactos no clima são as principais preocupações decorrentes desse processo (Fearnside, 2022). As áreas do norte de Mato Grosso, sudeste do Pará e em todo o estado de Rondônia, formam uma vasta região conhecida como arco do desmatamento.

Ao se analisar as taxas de desmatamento na região amazônica, verifica-se que pelo histórico de desmatamento na última década, áreas dos estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará são responsáveis por mais de 80% do desmatamento total na região (Rubert; Maciel, 2009), sendo importante destacar que os efeitos negativos do desmatamento no meio ambiente e na sociedade são impulsionados à medida que essa prática se repete ao longo do tempo.

Diante disso, como toda ação possui uma reação, como consequência deste desmatamento salienta-se a diminuição das chances de utilizar a floresta de forma sustentável, incluindo a produção de produtos tradicionais através do manejo florestal para madeira e a extração de recursos não madeireiros. Além disso, também resulta na perda dos serviços ambientais que a floresta oferece, como a preservação da biodiversidade, o ciclo da água e o armazenamento de carbono (Fearnside, 2005).

Por outro lado, as queimadas também desempenham um papel significativo na geração de problemas ambientais na região amazônica, especialmente no que se refere aos impactos nas mudanças climáticas e por consequência na ocorrência dos eventos extremos de precipitação na Amazônia.

As queimadas se apresentam no contexto Amazônico frequentemente vinculadas ao desmatamento, tendo como início também em meados de 1970 um aumento significativo e preocupante, resultado de projetos políticos de integração da Amazônia com o restante do país.

A relação entre desmatamento e queimadas possui um forte vínculo diante do corte seletivo, tendo em vista que esta prática aumenta significativamente a fragilidade da floresta em relação ao fogo. Quando o fogo penetra na floresta, ele causa a morte das árvores, aumenta a quantidade de material inflamável e estabelece um ambiente seco a vegetação do sub-bosque, aumentando ainda mais ameaça de futuras queimadas e a completa degradação da floresta (Fearnside, 2022).

Além disso, no que corresponde sobre a prática das queimadas, (Santos et al., 1992, p. 62) ressalta que “em áreas de florestas, a limpeza total do terreno é feita como uma forma de evitar ou retardar o crescimento da vegetação secundária, permitindo o cultivo da área.” somado a “a renovação e limpeza de pastagens, a fim de aumentar a produção de forragem e melhorar sua palatabilidade” (Santos et al., 1992, p. 62). Portanto, fica claro que as queimadas podem servir para distintos objetivos, contudo não é método apropriado e seguro, e muitas das vezes perdem o controle e geram catástrofes ambientais.

Durante as queimadas, grandes quantidades de gases do efeito estufa, como dióxido de carbono e metano, são liberadas na atmosfera. Essas emissões contribuem para o aquecimento global e o agravamento das mudanças climáticas. Segundo (Mello; Feitosa, 2020, p. 5) “a degradação contribui para a perda de biodiversidade, redução da ciclagem de água e para o aquecimento global, principalmente através das queimadas, ao emitir gases que contribuem para acelerar o processo do efeito estufa.”

Além disso, as partículas finas liberadas durante as queimadas podem se espalhar pelo ar e afetar a qualidade do ar, causando problemas de saúde em humanos e animais. Como exemplo desta relação, pode-se citar a realidade evidenciada na região do Arco do Desmatamento, que de acordo com Brasil (2019), é responsável pela maior concentração de focos de queimadas e apresenta as taxas mais elevadas de internações relacionadas a doenças respiratórias na Amazônia.

As queimadas podem criar condições propícias para a ocorrência de eventos extremos, como tempestades e enchentes. A remoção da vegetação diminui a capacidade de absorção da água do solo, levando ao escoamento superficial e aumentando o risco de inundações. Além disso, a fumaça resultante das queimadas pode afetar a formação de nuvens e padrões de circulação atmosférica, influenciando a ocorrência de tempestades e tornando-as mais intensas.

As queimadas têm efeitos negativos no processo de remoção de poluentes e contribuem para o aumento da formação de poluentes devido à atuação dos fenômenos de raios. As nuvens mais altas contêm gelo, além de água líquida. A presença de gelo nas nuvens resulta em uma maior ocorrência de descargas elétricas em forma de raios, em comparação com as nuvens formadas apenas por água líquida, como é comum na Amazônia quando não há queimadas. O aumento da atividade de raios leva à formação de N_2O , um gás de efeito estufa, e também tem outros efeitos indesejáveis na química atmosférica, como a destruição do ozônio na estratosfera. A mudança de nuvens baixas e úmidas para nuvens altas e frias também afeta a precipitação: embora a quantidade total de chuva seja a mesma, ela ocorre com maior intensidade, o que pode resultar em maior erosão do solo (Silva-Dias et al., 2002; Fearnside, 2022).

Em conjunto com o exposto, o crescimento populacional se dispõe também como um dos possíveis fatores da ocorrência dos eventos extremos climáticos, além de ser um dos motivos de maior preocupação nos debates políticos com implementação de estratégias de gestão de riscos e planejamentos urbanos adequados, tendo em vista que na mesma proporção se eleva também a vulnerabilidade social a tempestades e inundações, muito por conta da expansão das áreas urbanas para regiões anteriormente consideradas de risco. Segundo Duarte et al., (2015, p. 159)

O aumento da ocorrência de desastres naturais em todo mundo tem sido normalmente associado a diversos fatores como o aumento populacional, a segregação socioespacial, levando a ocupação de populações de baixa renda em áreas de risco e, principalmente, ao aumento de eventos extremos, frequentemente associados pelos cientistas ao aquecimento global.

À medida que a população mundial continua a crescer, aumenta a demanda por recursos naturais, como água e alimentos. Isso pode levar à exploração excessiva dos recursos e à modificação do ambiente natural, como já foi detalhado com a expansão da agropecuária na Amazônia que resultam em desmatamentos e queimadas, o que pode influenciar nas mudanças climáticas e assim por reflexo também na ocorrência dos eventos extremos climáticos. Segundo Domingues (2014, p.33)

Atualmente, a expansão da área plantada tem se dado, sobretudo, no sentido norte a partir da região central brasileira, ou seja, atingindo diretamente o bioma frágil correspondente à Floresta Amazônica. Essa expansão tem gerado impactos socioambientais que envolvem desde queimadas nas áreas da Floresta Amazônica para expansão da área plantada (que respondem a grandes percentuais de gases de efeito estufa emitidos na atmosfera), a mudanças no uso da terra, concentração fundiária entre outros.

O aumento da população pode levar a um aumento na demanda por energia e a um maior consumo de combustíveis fósseis. Isso contribui para o aumento das emissões de gases de efeito estufa. No contexto regional, uma das formas de geração de energia tem sido por meio da implementação de hidrelétricas, que segundo Fearnside (2008, p. 103)

As represas hidrelétricas em áreas tropicais, como a Amazônia brasileira, emitem gás carbônico (CO₂) pela decomposição das árvores acima da lâmina d'água, que são deixadas em pé na hora de encher os reservatórios, e também libera metano (CH₄) por decomposição sob condições anaeróbicas no fundo do reservatório.

Como exemplo, destaca-se a Hidrelétrica de Balbina no Rio Uatumã, localizada no Amazonas, mais especificamente no município de Presidente Figueiredo. Fearnside (1995) alega que esta represa de Balbina gera em uma maior emissão de gases do que a produção equivalente de energia por meio de usinas termoeletricas.

Além disso, como é notório, as hidrelétricas possuem um alto potencial de liberação do gás metano (CH₄), que em linhas gerais é muito mais prejudicial e crítico ao aquecimento global do que o gás carbônico (CO₂). De acordo com Forster et al., (2007) o efeito de uma tonelada de CH₄ sobre o aquecimento global é 25 vezes maior do que o efeito de uma tonelada de CO₂, levando em consideração o fator de conversão (potencial de aquecimento global, ou GWP) calculado para um período de 100 anos no Quarto Relatório de Avaliação (AR-4) do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC).

O alto consumo de combustíveis fósseis também se engendra no atual momento como contribuinte do aquecimento global, sobretudo através do setor de transporte, meio pelo qual ocorre a locomoção de pessoas e mercadorias no dia a dia das pequenas e grandes cidades, sendo característico no Brasil o modal rodoviário, com o uso de automóveis como carros, motos, caminhões e carretas.

Contudo, este setor segundo Ribeiro e Mattos (2001) além de ser uma importante fonte de poluição local, liberando substâncias como monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, aldeídos e partículas sólidas, esse setor também contribui significativamente para a emissão de uma grande quantidade de CO₂.

Em continuação, o crescimento populacional muitas vezes leva ao aumento da urbanização, com a expansão de áreas urbanas e o desenvolvimento de infraestrutura. Essas mudanças na paisagem podem afetar o ciclo hidrológico, causando alterações nos padrões de

chuvas, aumento da impermeabilização do solo e maior suscetibilidade a enchentes em áreas urbanas. Segundo Liberato (2010, p. 171)

O balanço hídrico de uma região tende a se manter sem grandes alterações naturais, mas com o aumento populacional e o uso indiscriminado da água, as ações antrópicas podem acabar interferindo no ciclo hidrológico por meio das taxas de precipitação, de infiltração no solo, da evapotranspiração e do escoamento superficial e profundo.

Portanto, o crescimento populacional tem um papel importante na relação entre as mudanças climática e as atividades humanas, como descreve Bryant et al., (2009) afirmando que o aumento acelerado da população intensifica os impactos das mudanças climáticas e dificulta a capacidade de adaptação. Assim sendo, ao passo que a população segue crescendo, é essencial adotar práticas sustentáveis e mitigar os impactos negativos no meio ambiente para reduzir as reações negativas do sistema natural do planeta terra, como exemplo dos eventos extremos climáticos de precipitação.

De maneira contínua aos possíveis fatores das ocorrências dos eventos extremos de precipitação na região amazônica, agrega-se a parcela de influência dos sistemas meteorológicos de grande escala como a Zona de Convergência Intertropical do Atlântico (ZCIT) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), friagem assim como os sistemas de mesoescala como as Linhas de Instabilidade (LI). Estes sistemas meteorológicos sinóticos são um dos mais atuantes na Amazônia, causando a variabilidade da precipitação pluvial ao longo do ano (Almeida et al., 2015).

A princípio, ressalta-se a participação da banda de baixa pressão denominada Zona de Convergência Intertropical do Atlântico (ZCIT), sistema de precipitação mais significativo para a formação de chuvas na região equatorial do Oceano Atlântico, bem como em áreas continentais próximas (Corrêa, 2016), sendo a causa de muitos episódios e distribuição dos eventos extremos de precipitação (Ferreira, 2013; Kousky, 1985).

De acordo com Xavier et al., (2000), esse fenômeno é responsável pela formação de nuvens cúmulo-nimbus, o que resulta em chuvas intensas em regiões tropicais, como o Brasil, com destaque para a região Amazônica. A intensificação dos efeitos da ZCIT nesta região compreende o período entre fevereiro e abril, momento no qual a ZCIT está deslocada mais para a parte meridional (Silva Ferreira et al., 2015).

Esta mudança sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) está relacionada com dois fatores. Destaca-se primeiramente as variações na circulação atmosférica, posto que

o balanço do recebimento da radiação solar nos hemisférios varia de acordo com as estações do ano, determinando mudanças nas configurações atmosféricas.

A faixa contínua de nuvens (ZCIT) é originada pela convergência entre os ventos alísios de nordeste e sudeste em altitudes mais baixas na atmosfera, caracterizados por serem úmidos e com uma direção predominante em direção à região equatorial. Segundo Da Silva (2022a, p. 28) “com a intensificação dos alísios de nordeste, a ZCIT migra para o sul do equador, fortalecendo a precipitação na região Norte e NEB, caracterizando o período chuvoso em DJF”

Ademais, agrega-se o padrão dipolo no Atlântico Tropical, caracterizado por variações anômalas nas temperaturas da superfície do mar (TSM) entre as águas do Atlântico Tropical Norte e Atlântico Tropical Sul, que gera um forte impacto na posição latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Isso, por sua vez, modula a distribuição sazonal das chuvas sobre a região do Atlântico Equatorial, abrangendo desde o norte do nordeste do Brasil até a parte central da Amazônia (Marengo et al., 2008a), cenário provocado em um contexto no qual a TSM do Atlântico Tropical Sul está mais quente que a TSM do Atlântico Tropical Norte, fazendo com que a ZCIT alcance até 5° S de latitude. De acordo com Fisch et al., (1998) a posição da ZCIT geralmente coincide com as áreas onde as temperaturas da superfície do mar (TSM) são mais elevadas.

Além da relação entre a ZCIT e as TSMs do Atlântico Tropical que influenciam nas precipitações na região, a Amazônia, sobretudo na parte noroeste, evidencia chuvas mais intensas por conta da combinação entre ZCIT e o fator relevo. Isso ocorre devido ao fenômeno da ascensão orográfica na cordilheira dos Andes da umidade transportada pelos ventos alísios provenientes do Leste, pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Da Silva, 2022a). Sendo assim, esta ligação e arranjo que provoca chuvas mais acentuadas no noroeste da Amazônia, pode também ter elo com a ocorrência dos extremos de precipitação.

Outro sistema de grande escala importante na lista de possíveis fatores dos eventos extremos de precipitação na Amazônia, é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que tem sua área de influência na região Norte até o Centro-Sul do Brasil, sendo o principal sistema meteorológico que ocasiona um acúmulo significativo de chuvas sobre o continente (Rocha et al., 2019).

A ZCAS apresenta contribuição nos índices de chuva na região central da Amazônia, zona na qual é caracterizada por altas precipitações, com média de 2500 mm/ano, muito por conta também da entrada dos sistemas frontais da região subtropical brasileira (Oliveira, 2019).

O período de forte efeito da ZCAS na região associa-se ao verão no Hemisfério Sul, sobretudo nos meses de dezembro a fevereiro. Nobre et al., (2009) confirma que durante os meses de verão na América do Sul, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) desempenha um papel importante como um dos principais sistemas responsáveis pela geração de chuvas na região da Amazônia e no Brasil. A atuação durante o verão é explicada por Limberger e Silva (2016, p. 670), que descreve que “o estabelecimento da ZCAS durante o verão se deve ao aumento da convecção local, ligando-se à umidade proveniente do Atlântico Tropical, o que concorre para grandes índices pluviométricos.”

A ZCAS caracteriza-se por ser uma banda de nebulosidade, no sentido noroeste-sudeste, ou seja, da Amazônia ao sudeste brasileiro, onde se manifesta uma forte atividade convectiva. De acordo com Silva Dias (2006) a ZCAS é constituída por frentes que se organizam em bandas estacionárias de precipitação, persistindo por mais de 4 dias e estendendo-se desde a região amazônica até o Oceano Atlântico Sul.

Dessa forma, autores associam a ZCAS como influenciadora das ocorrências dos eventos extremos de precipitação, como ressalta Verdan e Siqueira Silva, (2022, p. 2) afirmando que a “por se caracterizar como uma zona de convecção ativa e profunda, valores expressivos de precipitação estão associados à ocorrência de eventos de ZCAS, elevando a frequência e magnitude de eventos extremos de chuva.”

Ademais, ao longo dos anos, tem sido frequente observar os efeitos ambientais, sociais e econômicos resultantes de eventos extremos de precipitação na região das Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), afetando repetidamente as mesmas áreas (Barcellos; De Quadro, 2019, p. 80).

É importante ressaltar que vários sistemas meteorológicos atuam na Amazônia, em distintos períodos do ano e muitas vezes até em conjunto, colaborando para a intensificação das chuvas e a ocorrência dos eventos extremos. Em alguns casos de evento extremos de precipitação, tal sistema meteorológico pode não ser o protagonista do fato, mas sim um dos contribuintes secundários. Como exemplo, destaca-se o trabalho de Da Silva (2022b), onde se observou nos resultados de seis eventos extremos em 2021 na região de Belém/PA, que o fator responsável por estes acontecimentos foram as Linhas de Instabilidade (LI), porém com a ZCAS e outros sistemas de grande escala auxiliando na propagação destas precipitações intensas.

E como já se retrata acima, as Linhas de Instabilidade (LI) também são um consideradas um dos motores da ocorrência dos eventos extremos de precipitação na Amazônia. Campos

(2015) em seu trabalho, cita e inclui as linhas de instabilidade como um dos sistemas meteorológicos que desempenham um papel significativo nas ocorrências e no fortalecimento de eventos extremos.

Nesse sentido, destaca-se o trabalho de Loureiro et al., (2014) onde em meio as investigações sobre os Eventos extremos de Precipitação em 2009 no Estado do Pará, foi verificado que as Linhas de Instabilidade causaram precipitações acima da média histórica, gerando fortes tempestades.

Este é um classificado como um sistema convectivo de Mesoescala, que exerce atuação sobre o tempo e clima da região amazônica, essencialmente concretizando influência da dinâmica de precipitação (Cohen et al., 1995). As Linhas de Instabilidade possuem relação com a variabilidade do regime de precipitações na Amazônia por ser um causador das chuvas, bem como, afetando a distribuição na região. Estas linhas têm origem na região costeira N-NE do Oceano Atlântico (Molion, 1987; Molion 1993).

As linhas de instabilidade da Amazônia (LIA) têm sua origem na região costeira do norte da América do Sul, onde os ventos alísios e a brisa marítima se fortalecem e se encontram. Sua organização é influenciada pelo jato de baixos níveis de leste, associado a perturbações de baixa troposfera no Atlântico, que podem ser formadas pelas ondas de leste (Cohen et al., 1995; Silva Dias, 2006).

As linhas de instabilidade presentes na região amazônica desempenham um papel importante na ocorrência de chuvas ao longo da costa dos estados do Pará e Amapá, assim como na região central da Amazônia, durante a estação seca (Vieira, 2013). As LI são caracterizadas por serem constituídas por nuvens do tipo cumulo-nimbus com convecções profundas, no sentido NO-SE, contribuem com aproximadamente 45% da precipitação durante o período de menor pluviosidade nas costas litorâneas do estado do Amapá e Pará (Cohen et al., 1989). Verifica-se a maior frequência das LI entre abril e agosto, período que este sistema interfere com grande intensidade nas precipitações mais no interior do continente (Cohen et al., 1995).

Nota-se que as Linhas de Instabilidade possuem correlação com a brisa marítima. Na região leste, ao longo das áreas costeiras do Amapá e Pará, a ocorrência de chuvas está relacionada às Linhas de Instabilidade (LIs), que são influenciadas pela brisa marítima, as LIs são geradas devido ao movimento da brisa marítima, podendo se estender para o interior do continente (LIP) ou não (LIC) (Fisch et al. 1998).

Nessa perspectiva, o sistema meteorológico denominado brisa marítima pode ser classificada como um dos elementos causadores e contribuintes da ocorrência dos eventos

extremos de precipitação na Amazônia e chuvas com alto volume pluviométrico. De um lado a brisa auxilia com a constituição e formação das linhas de instabilidade (LIs), como alega Gille e Da Mota (2014, p. 80) que cita que durante o período de seca, a maioria dos eventos climáticos extremos está relacionada à influência da brisa, que forma Linhas de Instabilidade (LI), as quais avançam em direção à costa, trazendo maior umidade para o continente e intensificando a ascensão vertical do ar.

Por outro sentido, atua de forma singular determinando o regime pluviométrico da região, sobretudo com altos índices. Como exemplo, é possível realçar as proximidades da foz do Rio Amazonas onde a brisa marítima influencia contribuindo para a ocorrência de elevados volumes de precipitação (Salati et al., 1978).

Em seguimento ao tópico, certas regiões da Amazônia também sofrem os efeitos de fortes precipitações advindas de processos atmosféricos envolvendo sistemas frontais, ou seja, sistemas extratropicais que podem de alguma forma colaborar com a ocorrência de eventos extremos. Durante a estação do inverno, a área de pesquisa é fortemente impactada por frentes frias que alcançam o sul da região amazônica (Fisch, 1995), alterando as características do tempo na Amazônia.

Este sistema de mesoescala denominado localmente de friagem, oriundo de latitude médias, tem alta influencia na porção centro-sul da região Amazônica, área com a média de 2500 mm/ano e que é destaque por ser uma das com maiores taxas de precipitação (Oliveira, 1986).

Sobre este fenômeno ainda, Nascimento et al., (2010) aponta que os picos de chuvas na região central da Amazônia podem estar relacionados à influência da penetração de sistemas frontais originados na região sul, os quais interagem e contribuem para a organização da convecção local.

Com a atuação marcada pela diminuição das temperaturas na região, devido ao fato de ser uma massa de ar geralmente fria e seca (estável), quando penetra nas regiões onde o ar é quente e úmido (o padrão comum nas baixas latitudes), ocorre um contraste térmico. Esse contraste resulta em instabilidade na camada inferior da atmosfera, o que, por sua vez, leva à ocorrência de precipitação (Viana; Herdies, 2018).

Contudo, a intensidade da precipitação merece ênfase, como já foi relatado nos resultados observados por Amorim Neto et al., (2015), pesquisa na qual evidenciou chuvas com taxas elevadas atingindo a bacia Amazônica, com mais de 40 mm dia⁻¹ em média, resultante da

influência das frentes frias que atuam de 2 a 3 vezes por ano, com 2 eventos no inverno no Hemisfério Sul e o complemento no verão no mesmo hemisfério.

No contexto da temática abordada, soma-se ainda a influência dos mecanismos climáticos oceano-atmosfera com referência ao El Niño Oscilação Sul – ENOS, ligado a variações na temperatura superficial do Mar (TSM) e a pressão atmosférica sobre o Oceano Pacífico. Este fenômeno climático ocorre periodicamente no Oceano Pacífico Equatorial, caracterizado por um aquecimento ou resfriamento anômalo das águas superficiais do Pacífico Central e Oriental.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno que implica em alterações no sistema oceano-atmosfera. Durante os eventos de El Niño (La Niña), ocorre um aquecimento (resfriamento) anormal das águas superficiais e subsuperficiais do Pacífico Equatorial Central e Oriental. Ao mesmo tempo, na atmosfera próxima à superfície, há um enfraquecimento (intensificação) dos ventos alísios (Bjerknes, 1969).

Esse aquecimento ou resfriamento da TSM do pacífico afeta os padrões de circulação atmosférica, resultando em mudanças climáticas em diversas regiões do mundo, sobretudo na Região Amazônica, que sofre os impactos de mudanças no elemento precipitação.

O fenômeno El Niño- Oscilação Sul/ENOS é englobado com um dos responsáveis pela influência na ocorrência e intensificação dos extremos de precipitação, de acordo com os estudos de Chu et al., (2009) e Truong et al., (2009), em certos momentos fortalecendo e em outros períodos enfraquecendo a formação de nuvens e os índices de precipitação, causando fortes inundações ou secas duradouras em várias áreas do mundo.

Contudo entre os dois fenômenos, o fenômeno La Niña merece destaque neste trabalho, por se apresentar como um dos fatores que favorecem a precipitação na Amazônia, ao contrário dos efeitos do El Niño (Souza et al., 2004). A La Niña é marcada pelo resfriamento anormal das águas, o que resulta em temperaturas abaixo do normal. Esse resfriamento causa a formação de nuvens convectivas, que são responsáveis pela geração de chuvas (Andreoli; Kayano, 2007). Ademais, o fenômeno La Niña segundo Marengo (2008b) é responsável por anomalias climáticas, originadoras de precipitações intensas no Brasil.

No que diz respeito a relação com a Amazônia, de acordo com Marengo et al., (2013b, 2016), os eventos extremos de precipitação que ocorrem sazonalmente nas regiões noroeste e central da Amazônia são ocasionados por sinais intensos da fase negativa do ENOS. Esses eventos frequentemente resultam em enchentes, acarretando impactos sociais, econômicos e ambientais, inclusive com perdas humanas.

Contudo, se sistemas atmosféricos que causam grande volume de precipitação na Amazônia podem influenciar na ocorrência dos extremos nesta região tropical, a massa equatorial continental merece destaque nesta discussão. Apesar da não haver bases referenciais constatando vinculação direta com os episódios de extremos, a massa pode contribuir para uma maior intensidade da chuva, além de ser um fator crucial na formação de precipitação na região, especialmente durante o período de verão, que abrange os meses de dezembro a março no Hemisfério Sul, como é salientado no trabalho de Rodrigues e Assis (2019), onde foi destacado a forte relação da mEc com episódio de cheia no Rio Madeira em 2014.

Em síntese, verificou-se que os eventos extremos de precipitação na Amazônia são fenômenos complexos que envolvem uma interação intrincada de vários fatores. Compreender as características desses fatores e suas interações é fundamental para o estudo e compreensão da dinâmica dos extremos de precipitação na Amazônia, necessitando de uma abordagem multidisciplinar e pesquisas aprofundadas.

3. METODOLOGIA

O termo "método", conforme Japiassu e Marcondes (1996), tem origem etimológica grega e é composto por duas palavras: "meta" que significa (por, através de) e "hodos" que significa (caminho), sendo de modo geral um conjunto sistemático composto por etapas e procedimentos utilizados na realização de pesquisas científicas, desempenhando um papel fundamental na garantia da validade, confiabilidade e objetividade dos resultados obtidos. Segundo Andery et al., (2004, p. 16) “o método científico é um conjunto de concepções sobre o homem, a natureza e o próprio conhecimento, que sustentam um conjunto de regras de ação, de procedimentos, prescritos para se construir o conhecimento científico”.

O método científico se configura como a essência da ação de “fazer” ciência, como destaca Lakatos e Marconi (1991, p. 83) alegando que “não há ciência sem o emprego de métodos científicos.” À vista disso, é de extrema relevância o emprego do método para o progresso da pesquisa científica. Ander-Egg (1978, p. 28) descreve a pesquisa como sendo um "procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento."

A ciência geográfica não se desvencilha também do uso do método, conforme Sposito (2004, p. 24) “a importância do método e de sua discussão em Geografia é inegável”, entende-se que o método atua como o pilar fundamental durante a construção de todas as partes da pesquisa, até mesmo em momentos anteriores ao início da pesquisa, período nos quais ocorrem as formulações das primeiras ideias e concepções sobre a temática a ser trabalhada.

Por fim, para concretizar o debate em questão, Santos (1996, p. 62-63) apud Sposito (2004, p. 24) aponta que o método se torna significativo por ser “a construção de um sistema intelectual que permita, analiticamente, abordar uma realidade, a partir de um ponto de vista’, não sendo isso um dado a priori, mas ‘uma construção’, no sentido de que ‘a realidade social é intelectualmente construída”. Ou seja, ao ser abordado uma realidade por meio do método, seja ela social ou de qualquer outro campo, é indispensável a implementação um ponto de vista que permita analisá-la de maneira crítica e reflexiva, transmitindo a perspectiva de que as percepções, interpretações e representações da realidade são influenciadas por diversos fatores ao longo do tempo, como nossa cultura, valores, experiências e teorias que utilizamos.

3.1 Delineamento de Estudo

O método geográfico utilizado nesta pesquisa corresponde ao hipotético dedutivo. Este método se originou na ciência com o filósofo e epistemológico austríaco positivista Sir Karl Raymund Popper (1902-1994), a partir de base de pensamento de Renê Descartes.

Kopper buscava sobrepujar o antagonismo entre o método indutivo (empiristas) e dedutivo (racionalistas), além disso realizava bastante crítica ao indutivismo tendo em vista que segundo este autor (Popper, 1975), a ciência não se constitui como um conhecimento definitivo como era estabelecido pelos empiristas, mas sim classifica-se como hipotético e provisório.

Este método é concebido com início pela formulação de hipóteses onde os resultados adquiridos podem ser deduzidos, seguido das construções de previsões que ao final podem ser confirmadas ou refutadas, como salienta Diniz (2015, p. 108) afirmando que

O método hipotético-dedutivo consiste em se perceber problemas, lacunas ou contradições no conhecimento prévio ou em teorias existentes. A partir desses problemas, lacunas ou contradições, são formuladas conjecturas, soluções ou hipóteses; essas, por sua vez, são testadas no que Popper chamava de técnica de falseamento. O falseamento pode ser feito, dentre outras formas, através de experimentação ou análise de estatísticas. Após analisados os resultados, são avaliadas as conjecturas, soluções ou hipóteses previamente elaboradas, que podem ser reputas (rejeitadas) ou corroboradas. Caso seja rejeitada a primeira hipótese, terá de ser reformulada e novamente falseada até que se encontrem hipóteses corroboradas, que por sua vez, serão novas teorias ou teses que, então, servirão de base para novas lacunas do conhecimento, posteriormente encontradas. Esse processo é infinito, assim como são infindáveis as possibilidades de evolução da ciência.

O emprego da dedução pode se tornar evidente a partir da organização do pensamento mediada pela racionalidade, através da lógica característica dos fenômenos. Nesta perspectiva, Andrade e Schmidt (2015) alegam que por meio da dedução “(...) os princípios reconhecidos como verdadeiros (premissa maior), permitem que o pesquisador estabeleça relações com uma segunda proposição (premissa menor). A partir disso pode-se chegar à verdade daquilo que propõe (conclusão).”

Desse modo, partindo do pressuposto de um cenário mundial caracterizado pelas mudanças climáticas e o desenvolvimento da denominada “era dos extremos” segundo pesquisadores, permeado ainda por estudos mostrando projeções com alterações significantes no sistema climático natural e recordes de secas e cheias nos rios da região Amazônica, ao se tratar desta temática para estes dois municípios, entende-se que para estas áreas a tendência é de aumento dos índices de extremos de precipitação. Baseado na complexidade intrínseca da Amazônia, considera-se a maior possibilidade de manifestação desses extremos de maneiras distintas para estas duas estações.

Em conjunto com o método hipotético dedutivo, com o intuito de atingir com maior êxito o propósito da investigação, optou-se por adotar uma abordagem que combina o tipo qualitativos e quantitativos. Essa escolha se baseia na compreensão de que a

complementaridade entre essas abordagens pode proporcionar resultados mais abrangentes, tratando de forma mais aprofundada e complexa a análise em questão.

A princípio, de modo singular, verifica-se de acordo com Souza e Kerbauy (2017, p. 27) que a abordagem quantitativa “se pauta em pressupostos positivistas, na objetivação e generalização dos resultados; no distanciamento entre sujeito e objeto; e da neutralidade do pesquisador como elementos que asseguram e legitimam a cientificidade de uma pesquisa.”

Por outro lado, a abordagem qualitativa que já não se ampara no raciocínio lógico-matemático, é explicada por Minayo e Sanches (1993, p. 244) que cita

É no campo da subjetividade e do simbolismo que se afirma a abordagem qualitativa. A compreensão das relações e atividades humanas com os significados que as animam é radicalmente diferente do agrupamento dos fenômenos sob conceitos e/ou categorias genéricas dadas pelas observações e experimentações e pela descoberta de leis que ordenariam o social.

Entretanto, como o projeto tem como base os dois tipos de pesquisas (quali-quantitativa), Gatti (2002, p. 29) debate sobre a relação entre essas abordagens apontado que

É preciso considerar que os conceitos de quantidade e qualidade não são totalmente dissociados, na medida em que de um lado a quantidade é uma interpretação, uma tradução, um significado que é atribuído à grandeza com que um fenômeno se manifesta (portanto é uma qualificação dessa grandeza), e de outro ela precisa ser interpretada qualitativamente pois, sem relação a algum referencial não tem significação em si.

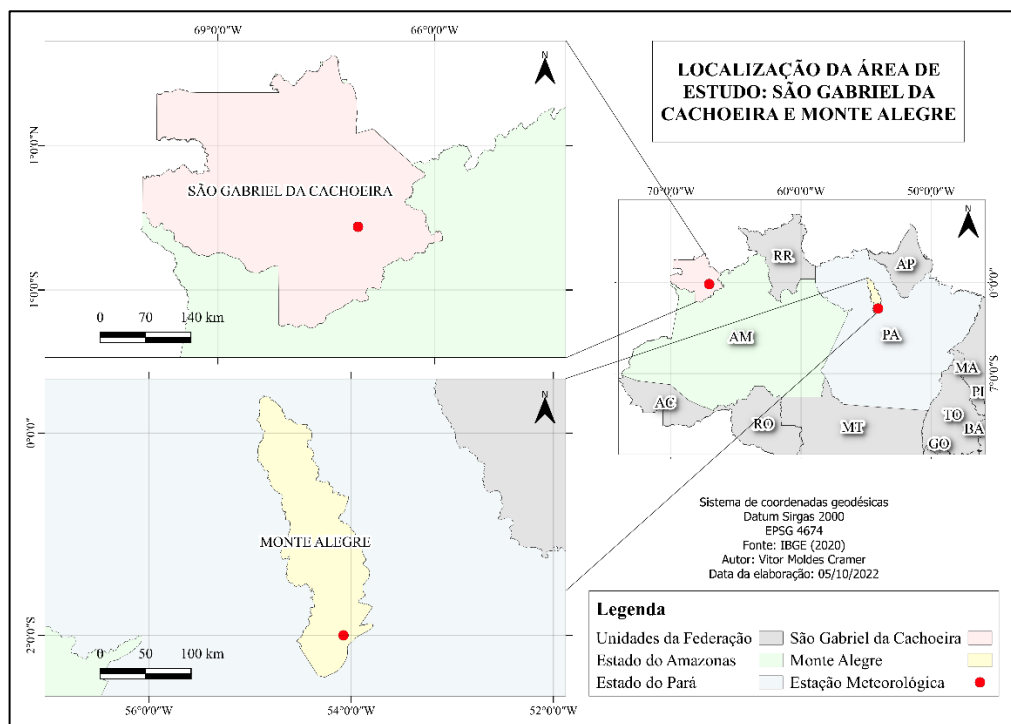
Portanto, o trabalho é estruturado a partir de um duplo enfoque, onde em uma parte retrata o lado quantitativo por intermédio do uso de dados de precipitação, desmatamento, queimada e de população. Em contrapartida, agrega-se o panorama característico da abordagem qualitativa, posto que a pesquisa tem a necessidade de análises e posteriormente discussões sobre a conjuntura dos dados.

A pesquisa descritiva é presente neste trabalho posto que visa descrever as características de determinado fenômeno e buscar compreender as relações entre variáveis, ao mesmo tempo que propõe identificar os fatores responsáveis pela ocorrência dos fenômenos, característica das pesquisas explicativas estabelecidas. A partir do uso de métodos descritivos, é possível transformar os dados brutos em informações geográficas, com o intuito de embasar pesquisas que podem ser usadas para planejamento e estratégias de políticas públicas (Lambert; Cooper; Pagh, 1998). Incluído ainda na pesquisa, será utilizado como processo técnico o método comparativo e estatístico, afim de lograr os objetivos propostos.

3.2 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho compreende os municípios de São Gabriel da Cachoeira e Monte Alegre, localizados respectivamente nos estados do Amazonas e do Pará, ambos na região norte do Brasil, conforme é evidenciado na figura abaixo. (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização das áreas de estudo



Elaboração: Cramer, 2023.

- São Gabriel da Cachoeira

O município de São Gabriel da Cachoeira, segundo maior município brasileiro em extensão territorial, situa-se no extremo noroeste do estado do Amazonas, abrange a região do Alto Rio Negro, conhecida estrategicamente como "Cabeça do Cachorro". Este município com área territorial de 109.192,562 km² (IBGE, 2022a) faz fronteira com a Venezuela e Colômbia, além disso tem seus limites territoriais com os municípios de Santa Isabel do Rio Negro e Japurá. Sua sede localiza-se na margem esquerda do Rio Negro, a cerca de 1100 quilômetros via fluvial da capital Manaus e a 852 quilômetros de distância via área.

Caracteriza-se por ser o município com maior concentração populacional de indígenas e de distintas etnias do Brasil (Cabalar; Ricardo, 2006), possuindo na cidade um total de 80% de habitantes indígenas e no interior a taxa de 99% (IBGE, 2002), ademais de acordo com o IBGE (2010), 76,60% dos cidadãos locais consideram-se pertencentes as populações indígenas. Na região correspondente a localização deste município, vivem 23 povos indígenas que somam

mais de 16 línguas faladas tendo como base cinco grandes famílias linguísticas: Tukáno Oriental, Yanomami, Makú, Aruák e Tupí Guaraní (Martins, 2009).

Em conjunto com o exposto, tendo em vista que esta parte do território é classificado como uma área de segurança nacional por ser um ponto estratégico do país, adiciona-se um contingente populacional de militares do 2º Pelotão Especial de Fronteira do Exército, dos quartéis do Exército (5º BIS e 1º do 1º BEC) e as bases da Aeronáutica/Sivam.

Por consequência, constata-se neste município, com o total de 51.795 hab. segundo estimativa do IBGE (2022c), uma certa complexidade e especificidade no âmbito social por conta da heterogeneidade e da riqueza de culturas e línguas, onde se apresentam distintos costumes e crenças que se inter-relacionam no espaço geográfico.

Apesar da grandiosidade e extensão do município, a cidade/sede do município é o principal núcleo socioeconômico e administrativo, por conta do acolhimento de um fluxo de migração da população interiorana de comunidades indígenas e habitantes não indígenas que se direcionam a esta cidade por fatores escolares, busca por ofertas de trabalho com remuneração, questões relacionadas ao serviço militar e a procura por melhores preços em comércios (Cabalzar; Ricardo, 2006), gerando como consequência o aumento sucessivo da população nos últimos 20 anos (Toledo, 2006).

No que diz respeito aos aspectos físicos geográficos do município, verifica-se a sua localização a 90 metros acima do nível do mar, com um clima predominante quente e úmido (IBGE, 2010). De acordo com a classificação climática de Koppen, o clima da região é do tipo Af Equatorial Úmido, caracterizado por uma baixa amplitude térmica, inexistência de períodos de secas, somado a uma temperatura média em torno dos 26°C (Pinto, 2013).

Esta área devido a atuação de alguns fatores geográficos é considerada como o local com maiores taxas de precipitação anual de todo o Brasil e da Amazônia, apresentando variações anuais de 2500 mm a 3500 mm (RADAM, 1976). Assim sendo, ao longo do ano o regime pluvial é distribuído com o começo das precipitações entre os meses de março a abril (Silva, 2008), não apresentando uma estação seca claramente definida, baseado em um período de menor quantidade de chuvas concentrado entre os meses de junho a agosto, embora não haja uma estação seca evidente (Cunha, 2009).

Segundo Bush et al., (2004), diversos fatores exercem uma influência significativa na precipitação nesta porção da Amazônia, como a atividade convectiva local, a movimentação da ZCIT, a umidade proveniente do Atlântico e eventos esporádicos de ventos frios originados na Patagônia.

No que tange as características da vegetação na região, identifica-se a predominância de floresta primária (Andreazze; Motta, 2002) do tipo tropical ombrófila densa (Pinto, 2013), contudo apresentam-se outros tipos dominantes de vegetação, como a campinarana, vegetação de igapó e chavascais (Vasques, 2014; RADAM, 1976), em virtude da heterogeneidade existente na floresta Amazônica. Estas vegetações estão engendradas em certas áreas protegidas por políticas ambientais que instauraram Terras indígenas (TI) e Unidades de conservação ambiental (UC) visando a proteção e conservação ambiental.

Ademais, evidencia-se no que concerne a temática hidrografia que a região é cortada pelo Rio Negro, constituinte da maior bacia de águas pretas do mundo e principal afluente do rio Amazonas. Considerado o rio de água preta mais extenso do mundo, sua nascente é situada na região pré-andina colombiana entre a bacia Amazônica e a bacia do rio Orinoco. Interliga-se com o sistema fluvial do Orinoco através do canal do Casiquiare.

Possui como característica a coloração escura e alta acidez, como enfatiza Silva (2008), declarando que isso é consequência da decomposição de grande quantidade de substâncias húmicas oriundas da matéria vegetal e orgânica do chão das matas alagadas, carregadas para o interior do rio através das chuvas e cheias. Além disso, constata-se que suas nascentes estão localizadas em escudos cristalinos que datam do período pré-cambriano paleozoico (cerca de 600 milhões de anos), ou seja, o canal fluvial situa-se sob uma estrutura geológica já consolidada.

No caso da região do alto Rio Negro, esta estrutura corresponde ao escudo/maciço das Guianas originado na era do arqueano (Sioli, 1956), gerando paisagens singulares magníficas com um conjunto de cadeias montanhosas (MDA, 2009). Desse modo, nota-se a ausência ou insuficiência de sedimentos e argila em suspensão em suas águas, bem como de sais minerais e oligoelementos.

Por consequência da baixa intensidade do processo de erosão e da drenagem proveniente de terras e florestas centrais desmineralizadas, os solos situados as margens do canal fluvial do rio Negro acabam por apresentar uma baixa fertilidade, ou seja, pobre em nutrientes como exemplo do fósforo, cálcio e potássio, somado ainda a baixa piscosidade (Myers et al., 2003).

Moran (1991) aponta que estes tipos de rios são conhecidos como “rios da fome”, responsáveis por tornarem as áreas que os circundam em um ambiente mais delicado, tênue e com restrições. Entretanto estas limitações foram enfrentadas pelas variedades de povos indígenas, que durante milênios foram aperfeiçoando técnicas e maneiras para se adaptar a um

cenário solos ácidos, pobres e com terras firmes descontínuas separadas por áreas de igapó e campirana (Ricardo, 2001).

Em vista disso, observa-se como consequência um menor contingente populacional em comparação às margens dos rios de água “branca” (barrenta), posto que certas adversidades são apresentadas para atividades essenciais, como a plantação e a pesca.

- Monte Alegre

O município de Monte Alegre situa-se na porção noroeste do Estado do Pará, integra a Microrregião de Santarém e constitui com mais nove municípios a Mesorregião do Baixo Amazonas. Este município com área territorial de 18.152,560 km² de acordo com o IBGE (2022d) está a 624 quilômetros de distância em linha reta da capital do estado denominada Belém, sendo possível o acesso por meio fluvial, terrestre e aéreo (Pará, 2017). O território apresenta limites com cinco municípios, Alenquer a oeste, Óbidos a nordeste, Almeirim a leste, Prainha a sudeste e Santarém ao sul.

O município comporta uma população estimada de 60.012 segundo o IBGE (2022), sendo que desse total 44% estão estabelecidas na zona urbana e 56% na zona rural (IBGE, 2014). No que concerne particularmente a cidade de Monte Alegre, sede municipal, verifica-se sua localização na porção sudeste do município, na margem esquerda do rio Amazonas, a 38 metros de altitude.

No âmbito histórico, Monte Alegre assume uma posição de destaque por ser uma das fundações urbanas da Amazônia mais antiga, tendo como ponto inicial para a formação deste núcleo, a aldeia indígena de Gurupatuba. Não obstante, no ano de 1758 esta aldeia foi elevada à categoria de vila com a denominação de Monte Alegre, mantendo o nome ainda ao ser elevada a uma cidade no ano de 1880 (Pereira, 1992).

Ademais, o município contém algumas das evidências arqueológicas mais antigas da região Amazônica e supostamente do continente americano, como pinturas rupestres e fragmentos de cerâmicas milenares que fortalecem o pressuposto da relação entre o território e os passos iniciais da estruturação e organização de núcleos populacionais da Amazônia Brasileira (Pará, 2018).

Desta maneira, ao ser tratado o momento atual do município é possível observar acerca da questão socioeconômica a força do viés do turismo/ecoturismos, sobretudo científico, por conta dos sítios arqueológicos localizados no Parque Estadual de Monte Alegre e na APA Paytuna (Pastana, 1999).

Em adição a esta temática, encontra-se também atividades essenciais de subsistência familiar, ou seja, voltada para o consumo, como a pecuária, agricultura e a pesca. Esta última se demonstra vinculada ao comércio principalmente quando ocorre a extração de um número maior do que era preciso para o consumo, tornando este excedente comercializável por opção dos cidadãos que realizam a pesca (IDEFLOR-BIO, 2017).

A prática agrícola é destinada especialmente ao autoconsumo, porém são também utilizadas para o comércio, tendo como base manejos tradicionais caracterizados por baixo aporte tecnológico (Rayol, 2013). Em linhas gerais, evidencia-se em Monte Alegre a ênfase em três vertentes econômicas: comércio, serviços e a agricultura.

No que tange o aspecto físico geográfico, o município de Monte Alegre caracteriza-se pelo clima tropical chuvoso do tipo AWi, conforme a classificação de Koppen. Duas estações bem delimitadas abrangem o período anual no município, sendo os meses mais chuvosos de dezembro a março e os meses de seca correspondente ao intervalo de junho a setembro (Carvalho, 2015). Ademais, constata-se que a precipitação pluviométrica anual equivale a 2.100 mm, somado a uma temperatura média anual de 28,8°C (INMET, 2005).

O município de Monte Alegre possui um complexo sistema de rede hidrográfica, formada pela bacia dos rios Maicuru, Gurupatuba e Amazonas. Diferentemente da cidade de São Gabriel da Cachoeira, ao ser observado o entorno da cidade de Monte Alegre, percebe-se de forma clara que este local se situa às margens do rio mais extenso do mundo, o Rio Amazonas.

Este rio classificado como de água branca, apresenta um pH em torno de 6,5 e muito material em suspensão, como areia, silte e nutrientes, o que contribui para uma variedade de espécies de peixes e fertilidade para os solos no entorno, denominado de várzeas. Estas características são advindas do canal fluvial que ainda não está consolidado e sobretudo da geologia das nascentes do rio, conforme cita Sioli (1985, p. 31)

Torna-se então evidente que os rios de águas barrentas, amarelas, têm sua origem nas serranias situadas; em sua maior parte, nos Andes. Lá, a exemplo do Valler de La Luna, próximo a La Paz, onde morainas depositadas em períodos glaciais são erodidas, tem-se uma visão das quantidades de material transportadas desta cabeceira de rios para a baixada amazônica.

Além disso, é imprescindível enfatizar o rio que percorre a cidade pela porção sul, denominado de Gurupatuba. Este rio desagua em um lago que possui o mesmo nome, detendo ao longo do seu percurso características positivas para a pesca devido a sua alta piscosidade,

tornando intensiva as atividades pesqueiras. Em composição a este fato, o rio apresenta uma boa navegabilidade para embarcações de pequeno e médio porte no decorrer de todo ano (Silva, 2015), posto que não é tão impactado pelo período da vazante.

Em continuação, com respeito a questão geológica do município, Monte Alegre está assentado sobre a parte central da Bacia Sedimentar do Amazonas, constituído de unidades litoestratigráficas e materiais rochosos que variam da era do Paleozóico até o Quaternário (Negrão, 2007). A paisagem é marcada por certa heterogeneidade, apresentando relevos planos com ondulações discretas, mas também serras isoladas com topos planos, gerando como consequência variações na altitude que alcançam até 350 metros (CPRM, 1997).

Por consequência de variações geomorfológicas, climáticas, topográficas e pedológicas presentes na região Amazônia e no município de Monte Alegre, diferentes formações vegetais são estabelecidas, sendo possível verificar a existência de campos de terra firme, áreas de várzeas correspondente às margens do Rio Amazonas e zonas de mata tropical.

3.3 Fontes, procedimentos metodológicos e análise dos dados

Esta pesquisa científica tem o enfoque epistemológico baseado no Empírico Analítico, que segundo Sposito (2004, p. 52) “se utiliza de técnicas de coleta de dados, bem como técnicas descritivas e análise de conteúdo à nível teórico.” Os dados representam as informações inerentes às variáveis que descrevem os elementos que compõem a população ou amostra em análise (Medri, 2011).

Um dos pontos base iniciais para o norteamento desta pesquisa tem relação com os referenciais teóricos da temática tratada nas duas áreas de estudo. Contudo, destaca-se a carência de bases teóricas nos estudos anteriores sobre a temática em questão nos dois municípios. A análise parte da limitada disponibilidade de informações específicas para essas localidades, tornando necessário recorrer a dados provenientes de outras áreas ou estudos mais amplos sobre a região.

Os dados utilizados que servem como o suporte desta pesquisa foram obtidos mediante o levantamento de dados secundários, através do acesso a sítios de internet de órgãos públicos que oferecem uma série de bancos de dados públicos para consultas e aquisição de dados. Nesse seguimento, entre os sites de órgãos públicos acessados constata-se o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), NOAA Climate (National Oceanic and Atmospheric Administration Climate), NASA (National Aeronautics and Space Administration), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN) e Confederação Nacional do Transporte (CNT).

A princípio, destaca-se a obtenção dos dados meteorológicos sobre as respectivas áreas de estudos, responsáveis por caracterizar o entendimento correto das configurações do clima dos municípios, e ser a principal fonte para a sustentação da pesquisa que trata como pilar central sobre as precipitações. Segundo Costa et al., (2012, p. 88) “a qualidade dos resultados esperados nas estimativas está intrinsecamente ligada à disponibilidade de dados de precipitação e a qualidade destes, bem como sua distribuição espacial”.

Ademais, ressalta-se uma observação ao se debater sobre esta parte do trabalho. Devido à sua vasta extensão territorial e à dificuldade de acesso em áreas densamente florestadas, a região Amazônica conta com poucas estações meteorológicas convencionais e automáticas. Essa escassez de pontos de monitoramento pode gerar incertezas relevantes na compreensão dos diversos processos relacionados aos mecanismos dinâmicos do clima e à sua variabilidade espacial na região amazônica (Nobre et al., 2009).

Os dados meteorológicos foram obtidos por intermédio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (<https://portal.inmet.gov.br/>). As estações pluviométricas elegidas para essa pesquisa foram a de São Gabriel da Cachoeira (Códigos: A134 e 82106, automática e convencional respectivamente) e a estação de Códigos: Monte Alegre (A239 e 82131, automática e convencional respectivamente).

Ressalta-se que a opção por dados das estações automáticas e convencionais ocorreu por dois motivos, primeiramente a diferença de abrangência das estações em relação ao período temporal de captação de dados, ou seja, ambas as estações tinham distintos períodos de funcionamento, sendo de modo geral a convencional responsável pela captação de informações sobre as precipitações em momentos mais antigos e a automática em datas mais recentes.

O segundo fator está vinculado com os problemas na captação de dados, onde ambas as estações apresentaram falhas nos dados em certas datas. Do total de dados coletados, a estação de São Gabriel apresentou 83 falhas, enquanto Monte Alegre registrou o total de 54 falhas.

Contudo a fim de solucionar e não seguir com a tabulação dos dados com a supressão de informações, houve a complementação destes dados através dos registros da estação oposta à qual estava com problemas. Almeida (2015, p. 280) relata sobre esse problema alegando que “a grande quantidade de falhas existentes nos dados dessas estações meteorológicas também prejudica uma análise temporal da variabilidade climática da região.”

Em continuação, para o andamento da pesquisa foram adquiridos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) os dados de precipitação total diário e mensal

(mm) das estações de São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA no período de 01/01/1993 até 31/12/2021.

Além disso, neste mesmo banco de dados, foram coletados os dados da normal climatológica do período de 1991 a 2020 de Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm). Temperatura Média Compensada Mensal e Anual (°C) e Umidade Relativa do Ar Compensada Mensal e Anual, referentes as estações já citadas.

De forma complementar, a pesquisa tem a necessidade dos dados presentes no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<https://www.gov.br/inpe/pt-br>) para a análise do desmatamento e queimada. O INPE é uma instituição brasileira voltada para pesquisa e desenvolvimento científico nas áreas de astronomia, ciências espaciais, meteorologia e sensoriamento remoto.

O INPE desempenhando um papel fundamental no monitoramento e na pesquisa relacionada ao meio ambiente, incluindo o monitoramento do desmatamento na Amazônia, a previsão meteorológica, a análise do clima e a observação da Terra por meio de satélites e outras tecnologias espaciais. O INPE tem como um dos objetivos “desenvolver, operar e utilizar sistemas espaciais para o avanço da ciência, da tecnologia e das aplicações nas áreas do espaço exterior e do ambiente terrestre, e oferecer produtos e serviços inovadores em benefício do Brasil” (INPE, 2021).

Os dados provenientes do INPE para análise do desmatamento na pesquisa são oriundos do programa denominado PRODES. Este programa é responsável por utilizar satélites para monitorar o desmatamento do tipo corte raso na região da Amazônia Legal. Desde 1988, ele tem gerado as taxas anuais de desmatamento nessa área. No que diz respeito a coleta dos dados de queimadas, o INPE apresenta um portal do programa denominado Queimadas, onde se pode ter acesso aos dados de focos de calor ativos da Amazônia Legal a partir de 1998 detectados pelo satélite de referência.

Levando em consideração que os dois programas usufruem do sensoriamento remoto e dos aparatos da geotecnologia, o programa PRODES emprega imagens de satélites da série LANDSAT, que possuem uma resolução espacial de 20 a 30 metros e uma taxa de revisita a cada 16 dias. Ao longo do tempo foram utilizados os satélites LANDSAT-5/TM, CBERS-2/2B, IRS-1, UK-DMC2, porém nos dias atuais o programa optou por operar com o LANDSAT 8/OLI, CBERS 4 e IRS-2, estabelecendo como menor área de mapeamento a taxa de 6,25 hectares.

No que diz respeito ao satélite de referência do programa Queimadas, constata-se o uso de 01/07/1998 a 03/07/2002 do NOAA-12, seguido pelo AQUA_M-T e o NPP-SUOMI, sendo este último lançado em outubro de 2011, mas introduzido para funcionamento no monitoramento de focos de calor ativos somente em 2012. Sobre o último satélite, este é capaz de identificar áreas em chamas, mesmo que sejam de alguns metros quadrados, durante a noite, desde que a temperatura seja maior que aproximadamente 300 graus Celsius.

Outros endereços eletrônicos acessados para coleta de dados sobre a variação do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) remetem-se ao site do National Aeronautics and Space Administration (NASA) (<https://www.nasa.gov/>) e no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CEPTEC) (<https://www.cptec.inpe.br/>) uma unidade do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Acrescenta-se ainda o site do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (<https://www.noaa.gov/>), relacionado as informações sobre o fenômeno La Niña com a base histórica presente nas tabelas do Oceanic Niño Index, ONI que retrata a medida do El Niño-Oscilação Sul por meio da média consecutiva de 3 meses de anomalias de TSM. Somado ainda a estas informações, agrega-se também a NOAA, a disponibilidade de acesso a série histórica da variação da temperatura global e da América do Sul.

O NOAA é uma agência governamental dos Estados Unidos que tem como objetivo fornecer informações e serviços relacionados ao clima, oceano, atmosfera e recursos naturais. O NOAA é responsável por coletar e analisar dados científicos, realizar previsões meteorológicas, monitorar o clima global, operar satélites e oferecer serviços de proteção ambiental. A agência desempenha um papel fundamental na compreensão e no monitoramento dos fenômenos climáticos e ambientais para ajudar na tomada de decisões relacionadas à segurança, economia e sustentabilidade.

A NASA (National Aeronautics and Space Administration) é a agência espacial dos Estados Unidos. Foi criada em 1958 com o objetivo de promover a exploração espacial, a pesquisa científica e o desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao espaço. A NASA desempenha um papel importante nos estudos do El Niño. A agência utiliza observações de satélites, modelos climáticos e outras ferramentas para monitorar e estudar o El Niño em detalhes. Através dos seus satélites, a NASA coleta dados sobre a temperatura da superfície do mar, a altura das ondas oceânicas, a concentração de clorofila e outros parâmetros relevantes para compreender as características e os efeitos deste fenômeno.

O CEPTEC é uma unidade do INPE responsável pela previsão do tempo e estudos climáticos no Brasil. O CEPTEC tem como missão fornecer informações meteorológicas e climáticas de qualidade, tanto para o público em geral como para tomadores de decisão, contribuindo para a mitigação de riscos e o planejamento de atividades que dependem das condições meteorológicas. Para isso, o centro utiliza modelos matemáticos e computacionais, observações de satélites e dados coletados em estações meteorológicas distribuídas pelo país.

Além da previsão do tempo, o CEPTEC também realiza estudos e pesquisas sobre fenômenos climáticos de longo prazo, como variações climáticas, mudanças climáticas e impactos ambientais, apresentando um bom detalhamento sobre as condições atuais e históricas do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

Por fim, para o entendimento sobre o crescimento populacional na região estudada, a pesquisa faz o uso de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (<https://www.ibge.gov.br/>). O IBGE é uma instituição federal brasileira responsável pela produção e análise de informações estatísticas, geográficas, socioeconômicas e ambientais do país. Fundado em 1936, o IBGE tem como objetivo principal fornecer dados confiáveis e atualizados que sirvam de base para o planejamento e a tomada de decisões em diversas áreas.

Para a elaboração do mapa de localização da pesquisa foi utilizado o software Quantum GIS, mais conhecido como Qgis, versão 3.32.0 'Lima, a partir de dados no formato shapefile do IBGE de 2020 e da elaboração de camadas de pontos (shapefiles) da localização das estações de acordo com as coordenadas indicadas no INMET.

Em continuação, com a finalidade de responder os objetivos propostos, no decorrer desta pesquisa serão desenvolvidas os seguintes procedimentos e/ou etapas:

- 1) Levantamento bibliográfico de artigos, teses, dissertações, livros e capítulos de livro, que proporcionarão a base teórica para reflexão e compreensão do tema estudado nas áreas de pesquisa.

- 2) Coleta de dados climáticos e meteorológicos secundários no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, nessa coleta será obtido a variável precipitação total diário (mm) das estações de São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA no período de vinte e nove anos, entre o período de 01/01/1993 a 31/12/2021, com o intuito de identificar os valores maiores ou iguais ($\geq$) a 30, 50 e 70 mm diários, que caracterizam os eventos extremos de precipitação na região;

2.1) Coleta de dados climáticos secundários no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, nessa coleta será obtido as variáveis precipitação total mensal (mm) de 1993 a 2021, além dos dados da normal climatológica do período de 1991 a 2020 de Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm), Temperatura Média Compensada Mensal e Anual (°C) e Umidade Relativa do Ar Compensada Mensal e Anual, referentes as estações já citadas;

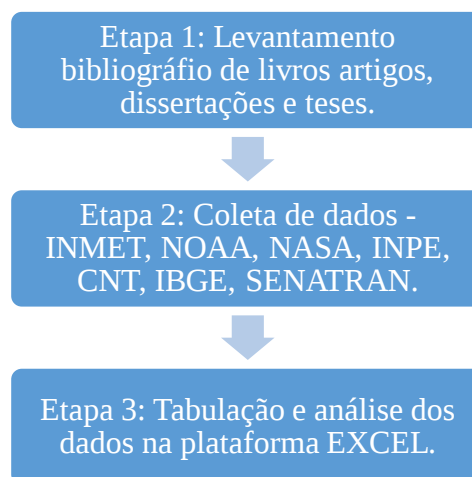
2.2) Coleta de dados secundários de desmatamento (corte raso) e queimadas (focos de calor ativos) na Amazônia Legal no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), provenientes do programa PRODES e do portal Queimadas;

2.3) Coleta de dados secundários no site do IBGE acerca do desenvolvimento temporal da frota de veículos no Brasil e das populações na região investigada. Agrega-se ainda a obtenção de dados secundários da variação do El Niño Oscilação Sul (ENOS) ao longo do período histórico nos sites da NOAA, NASA e INPE (CEPTEC). Por fim, soma-se ainda por intermédio do NOAA a obtenção de dados secundários acerca do histórico de anomalias de temperatura globais e os dados do SENATRAN e CNT sobre o número de automóveis e o modal rodoviário respectivamente;

3) Tabulação, sistematização, análise dos dados obtidos e elaboração de gráficos, quadros e tabelas por meio da ferramenta EXCEL.

A figura 2 apresenta de forma simplificada o procedimento metodológico da pesquisa.

Figura 2 - Fluxogramas do procedimento metodológico da pesquisa

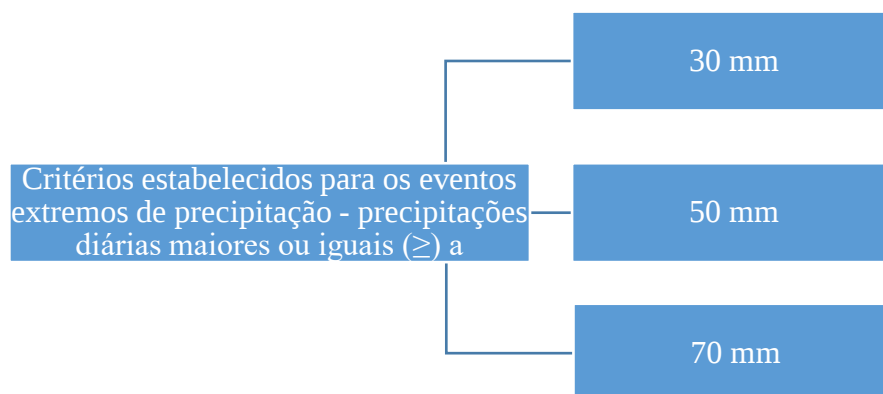


Elaboração: CRAMER, 2024.

Deve-se destacar que a elaboração dos gráficos sobre os eventos extremos de precipitação dos dois locais de estudos foi resultado da identificação dos valores maiores ou iguais ($\geq$) a 30, 50 e 70 mm diários, como pode ser visto em forma de fluxograma na figura 3. Estes critérios de volume diários de chuva foram filtrados na plataforma Excel através da opção

“Formatação condicional - regra de realce das células”, após a aquisição dos dados de precipitação total diária (mm) do site do INMET.

Figura 3 – Fluxograma dos critérios de eventos extremos de precipitação na pesquisa



Elaboração: CRAMER, 2024.

Agrega-se ao longo trabalho, a implementação de quadros de informações visando apresentar de modo simples e sintetizado os dados tratados ao longo dos capítulos e subcapítulos, tendo em conta a grande quantidade de dados descritos e debatidos. Para esta finalidade foi utilizado a ferramenta denominada Word.

Para a análise dos dados na pesquisa sobre as ocorrências de extremos de chuva nas áreas de estudo foram adotados os registros diários totais de precipitação que excedessem ou fossem iguais a 30 mm. Tais registros foram classificados como eventos de precipitação extrema. A seleção desses valores foi embasada em investigações anteriores que abordaram os episódios de chuvas extremas na região amazônica, as quais consideraram os eventos extremos como precipitações totais diárias que alcançaram ou excederam 30 mm. Isso é evidenciado em pesquisas como as de Da Silva (2022a) e Sousa (2010). Entretanto, outras investigações optaram por utilizar valores diferentes, porém próximos aos parâmetros aplicados neste trabalho, como ≥ 20 mm (Campos et al., 2015) ou ≥ 25 mm (Loureiro, 2014). A identificação também de valores de eventos extremos de precipitação ≥ 50 mm e ≥ 70 mm foram empreendidos visando uma análise e comparação acerca da intensidade dos eventos extremos nas localidades de estudo.

Ressalta-se que para a análise dos dados coletados utilizou-se a metodologia estatística descritiva que busca sintetizar uma série de valores similares, proporcionando uma visão abrangente da variação entre esses dados, sendo realizado a apresentação, organização e descrição por meio de tabelas, gráficos e medidas descritivas (Guedes et al., 2005).

Neste contexto metodológico, foram empregadas determinadas medidas estatísticas fundamentais para lograr os objetivos do trabalho, destacando-se o uso dos cálculos de média aritmética para avaliar a tendência central, a amplitude para mensurar a dispersão, a identificação dos valores máximos e mínimos, além da somatória para compreensão geral dos dados.

No que se refere a média aritmética, verifica-se que este cálculo consiste na soma de todos os valores observados da variável, dividida pelo número total de observações. Em relação a amplitude, nota-se que esta representa o intervalo no qual as observações se distribuem, sendo identificado inicialmente o maior e o menor valor presente no conjunto de dados, e a diferença entre esses dois valores determina a amplitude do conjunto. Por sua vez, a notação de somatório oferece uma forma concisa e simplificada de resumir uma sequência de adições (Okamoto; Trecenti, 2022).

Ademais, é importante frisar que esta pesquisa se pauta em uma análise de dados baseado nos estudos de séries temporais de certas variáveis, como exemplo da precipitação e eventos extremos de precipitação. Segundo a definição de Antunes e Cardoso (2015), as séries temporais são conjuntos de dados quantitativos analisados considerando sua distribuição ao longo do tempo. Outra definição é descrita por Silva (2008), afirmando que uma série temporal consiste em observações organizadas em períodos de tempo geralmente uniformes e sequenciais.

O estudo compreende o período entre 01 de janeiro de 1993 a 31 de dezembro de 2021, totalizando uma série temporal histórica de 29 anos, com o intuito de alcançar os objetivos propostos e compreender com maior veracidade o comportamento e a variabilidade dos eventos extremos de precipitação e seus possíveis fatores associados com estas ocorrências nas respectivas áreas de estudos. De acordo com Barbosa et al., (2022, p. 278) “esses estudos são caracterizados pela aplicação de técnicas estatísticas em longas séries temporais sobre os elementos do clima, buscando compreender sua variabilidade e suas tendências.”

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

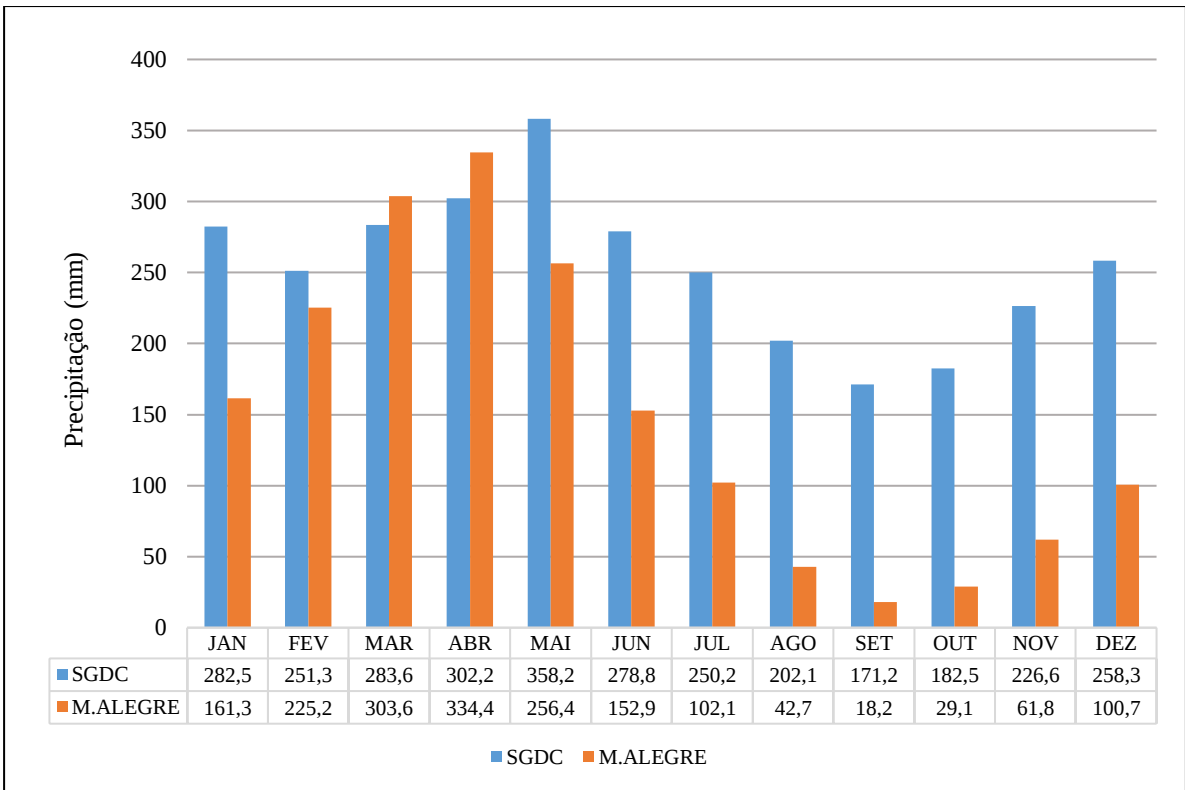
4.1 Dados da Normal climatológica

A princípio, é importante a análise inicial da configuração climática composta pela precipitação, temperatura e umidade correspondente as áreas das pesquisas (São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA) de acordo com os dados da normal climatológica.

4.1.1 Dados de precipitação (Normal climatológica)

O gráfico 1 apresenta a precipitação acumulada de São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA, a partir da normal climatológica de 1991 a 2020.

Gráfico 1 - Precipitação acumulada mensal em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1991-2020)



Fonte: INMET, 2024.

Por intermédio da interpretação do gráfico 1, observa-se que São Gabriel da Cachoeira mantém um padrão com alto índice de precipitação durante todo o ano, apesar de certas variações entre os meses. Verifica-se de dezembro a julho os meses com maiores taxas de chuvas, superando os 250 mm, com destaque para o mês de maio que possui a média de 358,2 mm. Por outro lado, o período com menor precipitação está vinculado com os meses de agosto a novembro, sendo setembro o mês de menor taxa de precipitação com 171,2 mm.

No que concerne o município de Monte Alegre, nota-se uma forte diferença entre o período chuvoso e de seca. Os meses com maior precipitação se estende de janeiro a junho,

tendo ênfase o mês de abril com 334,4 mm. Em contrapartida, os meses de menor precipitação condiz com o intervalo de julho a dezembro, alcançando em setembro a mínima de 18,2 mm.

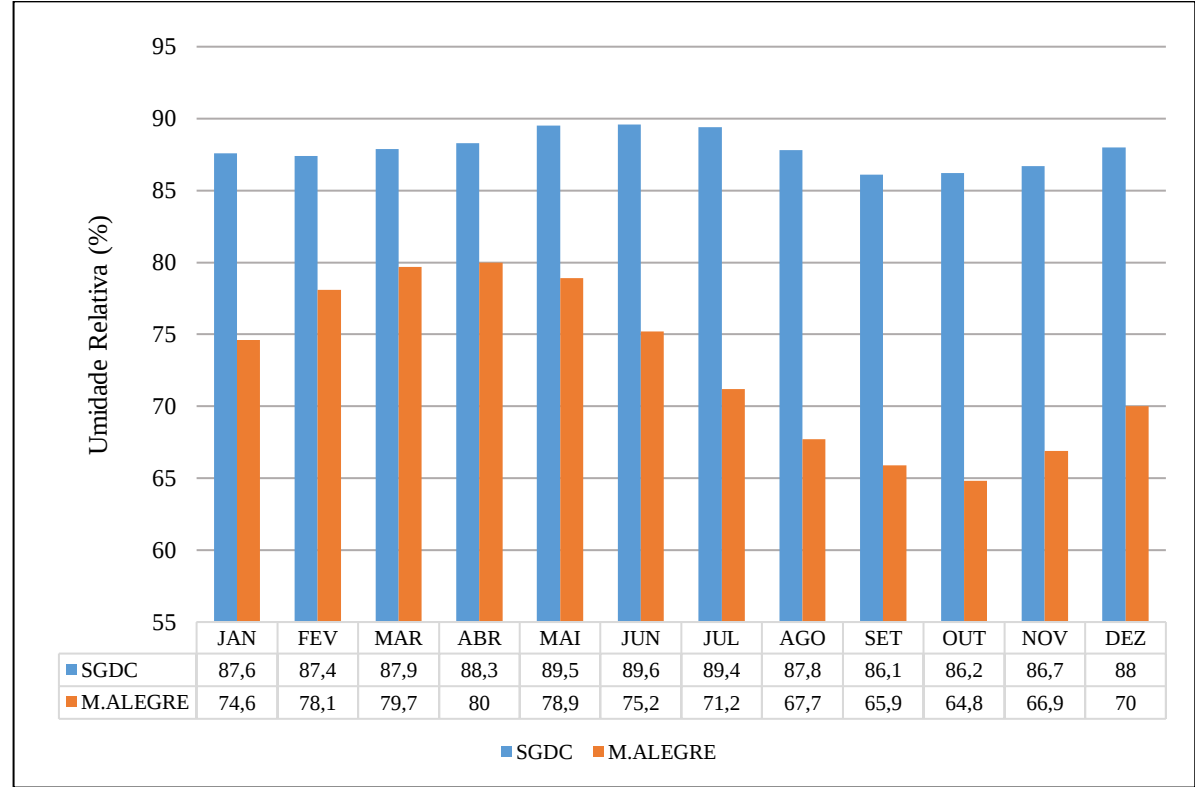
Ao se comparar a normal climatológica de precipitação destes municípios através do gráfico 1, verifica-se uma certa similaridade do período mais chuvoso e menos chuvoso de cada estação. Ambas estações alcançam as maiores taxas de precipitação nos primeiros meses do ano e as menores taxas a partir do mês de junho até o mês de dezembro, ou seja, no segundo semestre. Evidencia-se a grande diferença na quantidade de chuva entre os dois municípios, apesar Monte Alegre até quase se igualar e ultrapassar entre os meses de fevereiro e abril.

A alta discrepância de chuva entre as estações se identifica no segundo semestre, onde Monte Alegre atinge taxas bastante inferiores a São Gabriel, confirmando assim uma maior amplitude de precipitação no município paraense do que em comparação ao município Amazonense, que possui uma menor variabilidade, com a perenidade de elevados índices pluviométricos ao longo de todo o ano.

4.1.2 Dados de umidade (Normal climatológica)

O gráfico 2 demonstra os dados da normal climatológica de Umidade Relativa do ar (%) em São Gabriel da Cachoeira/ AM e Monte Alegre/PA durante os anos de 1991 a 2020.

Gráfico 2 - Umidade Relativa do ar compensada mensal (%) em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1991-2020)



Fonte: INMET, 2024.

Constata-se que a umidade relativa do ar em São Gabriel da Cachoeira apresenta valores elevados durante todo o ano, seguindo de modo geral as características da precipitação. A umidade relativa do ar permanece com pouca amplitude de janeiro a dezembro, mantendo valores entre 85 a 90 por cento. Os maiores índices ocorrem de maio e julho, tendo realce o mês de junho com 89,6%, e os menores índices entre setembro e novembro, com ênfase para o mês de setembro com 86,1%.

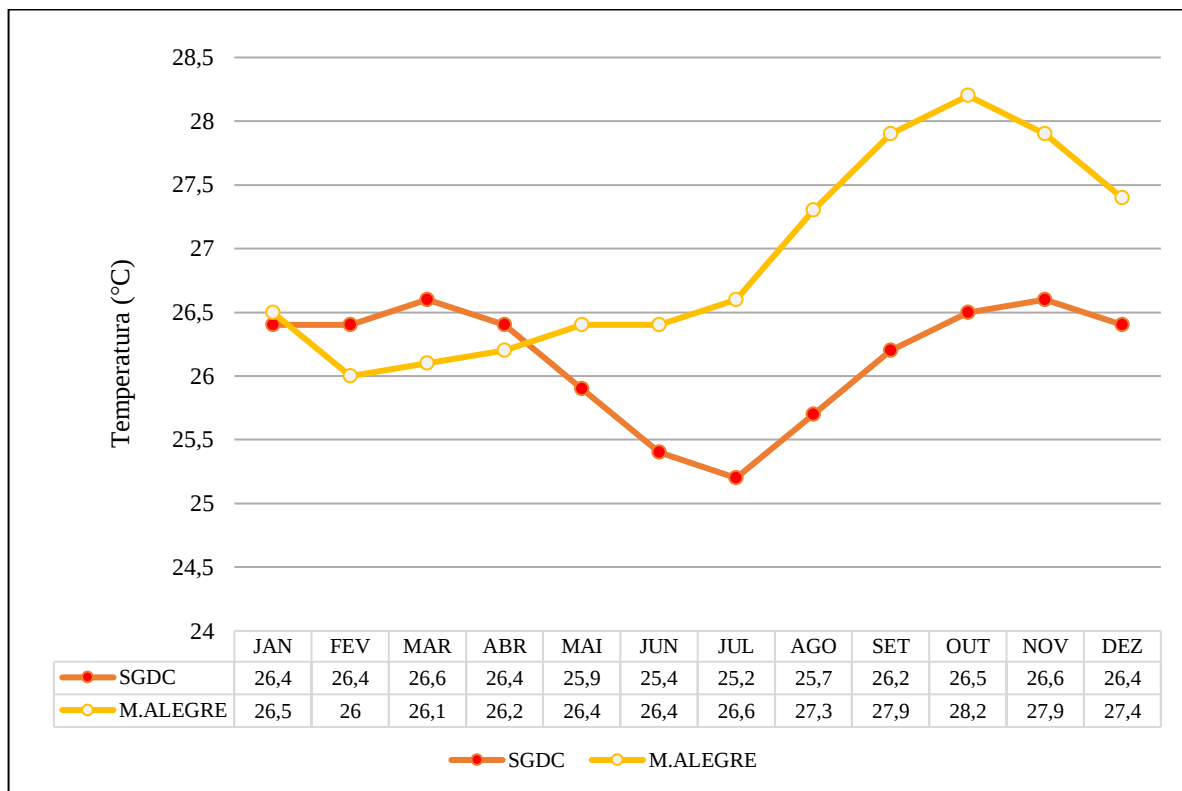
No município de Monte Alegre o contexto de umidade relativa do ar é distinto, com uma maior amplitude de valores, variando de 64,8 a 80 por cento no decorrer do ano. O período com porcentagens mais elevadas de umidade corresponde ao primeiro semestre do ano, sendo abril o mês que chega a maior taxa caracterizada por ser de 80%. Entretanto, o restante dos meses do ano já apresenta menores taxas, refletindo a correlação com o declive de precipitação nesses mesmos meses representada no gráfico 1. O mês com menor taxa foi outubro, alcançando o valor de 64,8 %.

No que diz respeito a comparação entre os valores de umidade relativa do ar entre os dois municípios, observa-se a maior porcentagem de umidade em São Gabriel ao longo de todos os meses, com os índices de Monte Alegre se aproximando em meados do primeiro semestre, contudo, não logrando ultrapassar ou igualar os valores da estação amazonense.

4.1.3 Dados de temperatura (Normal climatológica)

O gráfico 3 representa a normal climatológica de 1981 a 2010 de temperatura média compensada nas áreas de pesquisa. Destaca-se de antemão a decisão pelo uso dos dados de 1981 a 2010 em relação a variável temperatura por conta da falta de dados da normal climatológica de 1991 a 2020 da estação de São Gabriel da Cachoeira, embora para a estação de Monte Alegre os dados estivessem disponíveis. Desse modo, visando a análise dos dados entre as estações no mesmo período, optou-se pela utilização também da normal climatológica de 1981 a 2010 para a estação paraense.

Gráfico 3 - Temperatura média compensada em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1981-2010)



Fonte: INMET, 2024.

Mediante a análise do gráfico 3, compreende-se que o município de São Gabriel da Cachoeira é caracterizado por temperaturas que variam de 25,2°C a 26,6°C no decorrer dos meses. Marcado pela pouca amplitude de 1,4°C, a temperatura se apresenta mais elevada de setembro a abril, atingindo 26,6°C em março e novembro. As menores temperaturas se incorporam aos meses de maio a agosto, sendo importante salientar o mês de julho com a marca de 25,2°C. A variação mensal de temperatura deste município se configura de maneira oposta ao gráfico de precipitação.

No que tange a estação de Monte Alegre, percebe-se que as temperaturas oscilam de 26°C a 28,2°C, indicando uma pequena variação de 2,2°C. O período com maior temperatura é relativo aos meses de agosto a dezembro, com destaque para outubro dispondo de 28,2°C. Enquanto isso os meses com menor temperatura perduram de janeiro a julho, sendo fevereiro o mês com temperatura mínima de 26°. Dessa maneira, nota-se neste gráfico uma dinâmica mensal oposta a variação de precipitação.

Ao realizar a comparação entre as duas estações, observa-se que na maior parte do ano a temperatura em Monte Alegre é mais elevada do que em comparação a São Gabriel. Monte Alegre dispõe de temperatura maiores de maio a janeiro, ao passo que São Gabriel da Cachoeira ultrapassa os valores de Monte Alegre somente nos meses de fevereiro a abril. Monte Alegre

no mês de outubro chega a alcançar os 28,2°C, à medida que apenas atinge o 26,6°C no mês de novembro e março. No quesito temperatura mínima, constata-se em São Gabriel temperaturas menores, chegando a 25,2°C em julho, em contraposição, Monte Alegre apenas atinge 26°C em fevereiro.

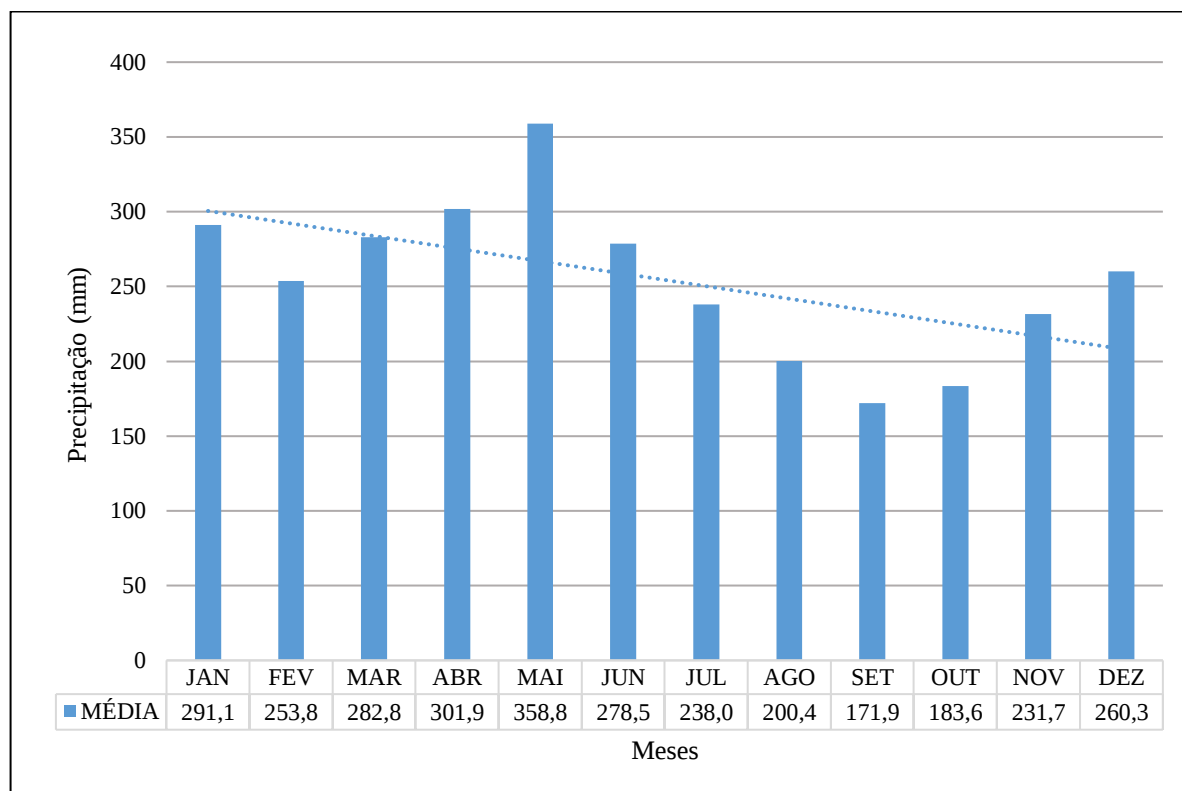
4.2 Dados de precipitação (1993-2021)

Em continuação, os gráficos 4 ao 9 visam uma análise mais aprofundada da dinâmica de precipitação dentro do período temporal de pesquisa estabelecido, ou seja, de 1993 a 2021, em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA. Busca-se assim uma maior seguridade no entendimento dos períodos mais e menos chuvosos anuais e mensais no decorrer desse tempo.

4.2.1 Dados de precipitação em São Gabriel da Cachoeira/AM (1993-2021)

Pode-se averiguar no gráfico 4 sobre a média mensal de precipitação no município de São Gabriel da Cachoeira de 1993 a 2021, uma variação de chuva bem similar ao gráfico de precipitação de acordo a normal climatológica de 1991 a 2020. Desse modo, constata-se uma média bastante elevada ao longo dos meses, sendo observado uma variação de 171,9 mm em setembro a 358,8 mm em maio. Ao contrário de certas localizações, não se pode atribuir um período de seca a São Gabriel da Cachoeira. O município conta com dois períodos distintos, um de maior precipitação que perdura de novembro a julho e outro intervalo de menor precipitação de agosto a outubro.

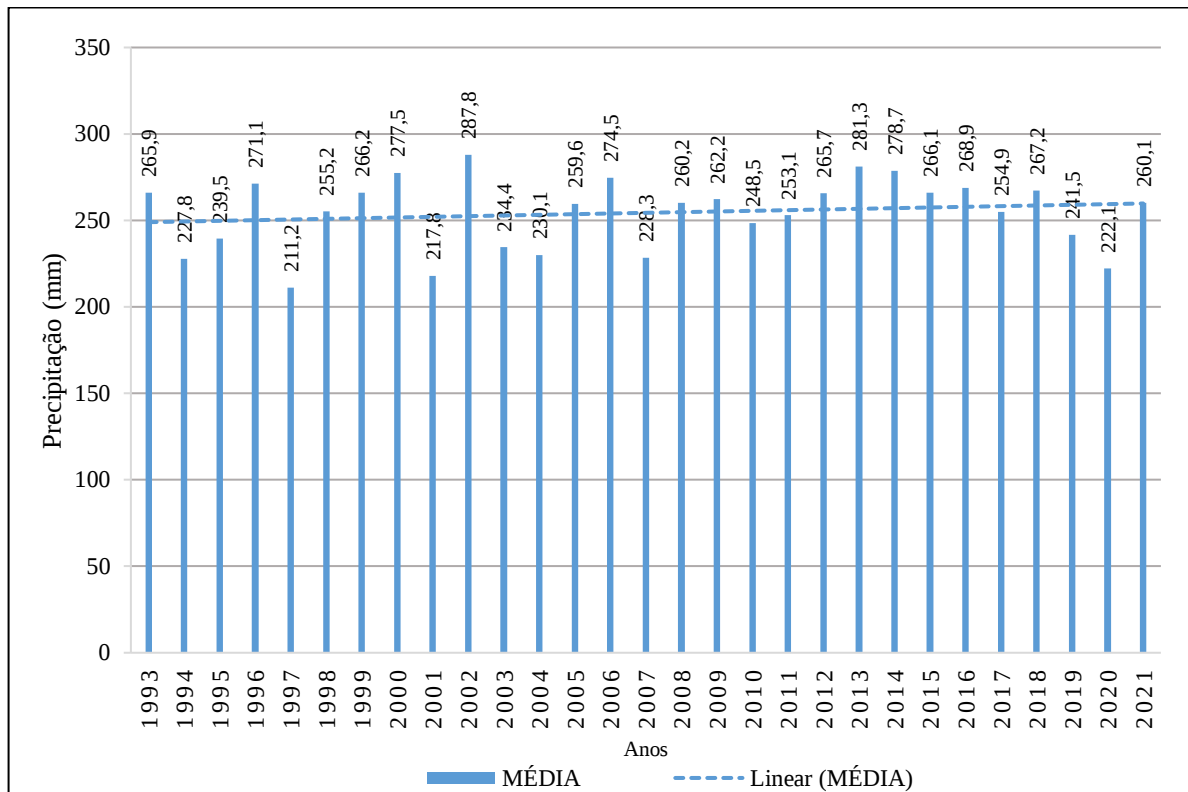
Gráfico 4 - Média mensal de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

No que concerne o gráfico 5 retratando a variação de precipitação baseada na média anual durante o período de 1993 a 2021, identifica-se a constância de uma média elevada, superando em todos os anos os 200 mm. Nesse aspecto, para efeito de constatação, a média mínima de precipitação presente no gráfico se refere ao ano de 1997 com 211,2 mm. Em compensação, a média mais elevada ocorreu em 2002 com o valor de 287,8 mm. Contudo, ao se analisar a evolução da dinâmica de precipitação média nesse período, verifica-se um aumento da média de chuva a partir do ano de 2005 até 2021, posto que nesse intervalo as precipitações acima de 250 mm passaram a ter grande predominância, ainda que a maior média não esteja inserida neste período.

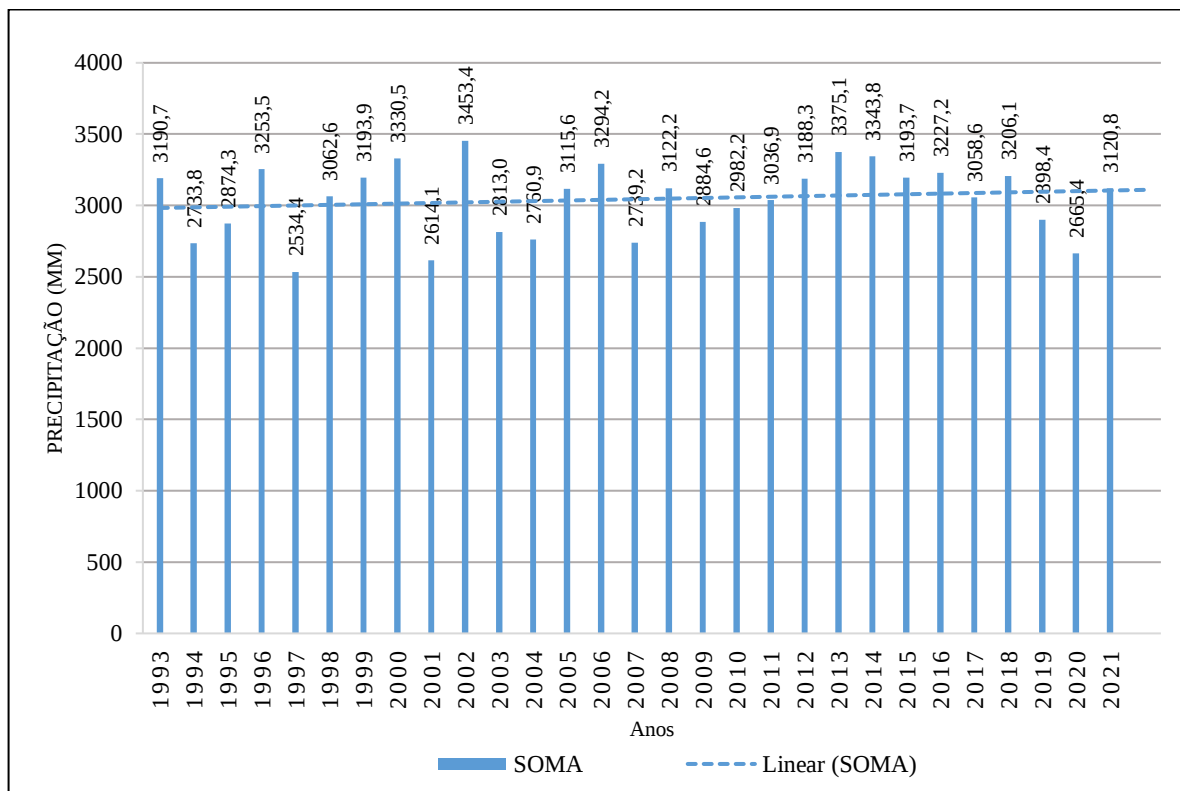
Gráfico 5 - Média anual de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

O gráfico 6 complementa esta série de dados específicos do período de estudo apontando o total de precipitação especificamente de cada ano (1993 a 2021) na estação de São Gabriel da Cachoeira. Evidencia-se um total anual notavelmente elevado ao longo dos 29 anos, com todos os anos se mantendo um total acima dos 2500 mm, seguindo a média de chuva indicada por autores para a região amazônica. Sendo assim, identifica-se como o menor total pluviométrico o valor de 2.534,4 mm em 1997 e o maior total pluviométrico no ano de 2002 com a quantidade de 3.453,4 mm. Entretanto, ao ser realizado a análise da evolução da dinâmica de precipitação total nesse período, constata-se a elevação dos valores totais a partir do ano de 2005 até 2021, intervalo marcado pelo predomínio de quantidades de chuvas acima de 3000 mm.

Gráfico 6 - Soma anual de precipitação em São Gabriel da Cachoeira/AM (1993-2021)



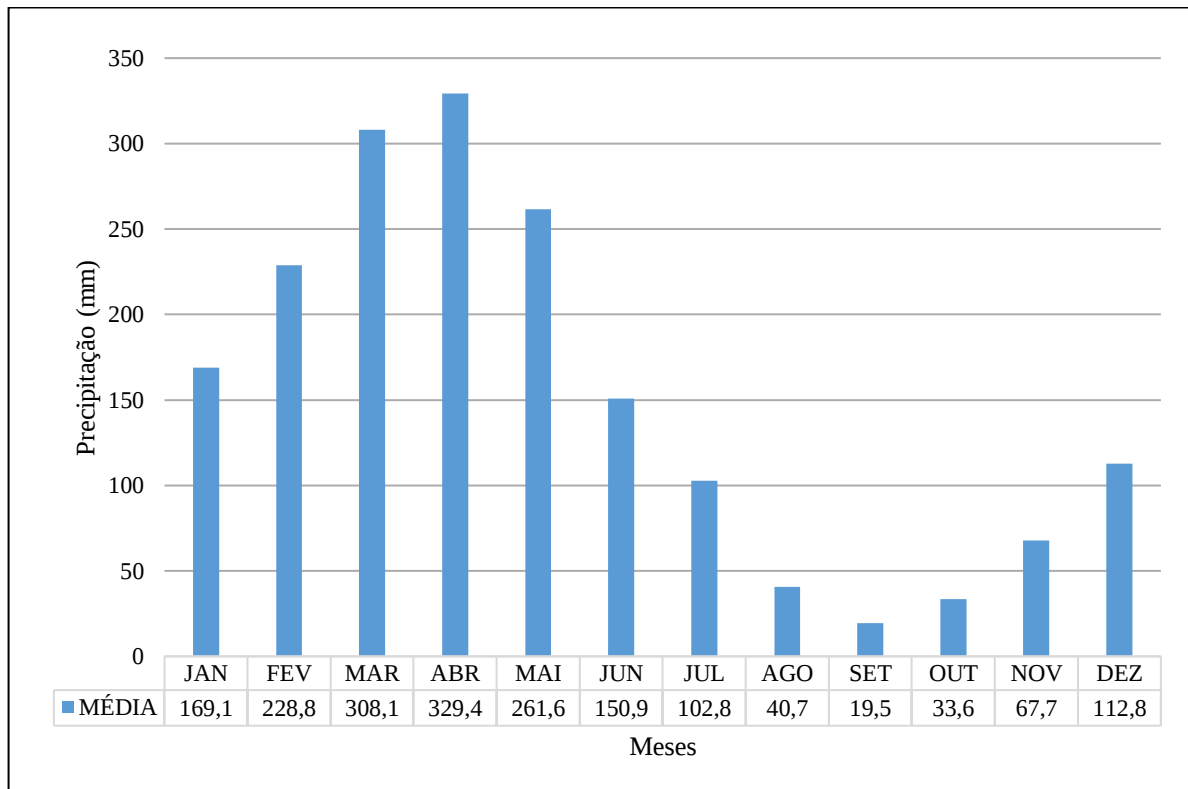
Fonte: INMET, 2024.

4.2.2 Dados de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)

Em prosseguimento, em relação ao gráfico 7 acerca da média mensal de precipitação no município de São Gabriel da Cachoeira de 1993 a 2021, podendo ser constatado uma dinâmica pluviométrica semelhante ao gráfico de normal climatológica. Por meio da leitura do gráfico, é possível observar a ocorrência de precipitações elevadas assim como na estação de São Gabriel. Apesar de alcançar valores de até 329,4 mm no mês de abril, Monte Alegre se diferencia do município amazonense por apresentar valores pluviométricos baixos em certos períodos do ano, como exemplo do mês de setembro que chega a atingir 19,5 mm.

Este município é caracterizado por período de menor precipitação de julho a dezembro, com decréscimo de chuva de julho a setembro e acréscimo de chuva de outubro a dezembro, porém com quantidades mensais que não ultrapassam os 113 mm. Após o último mês do ano, se inicia o período com maior chuva no município paraense, indo de janeiro a junho, com médias acima de 150 mm.

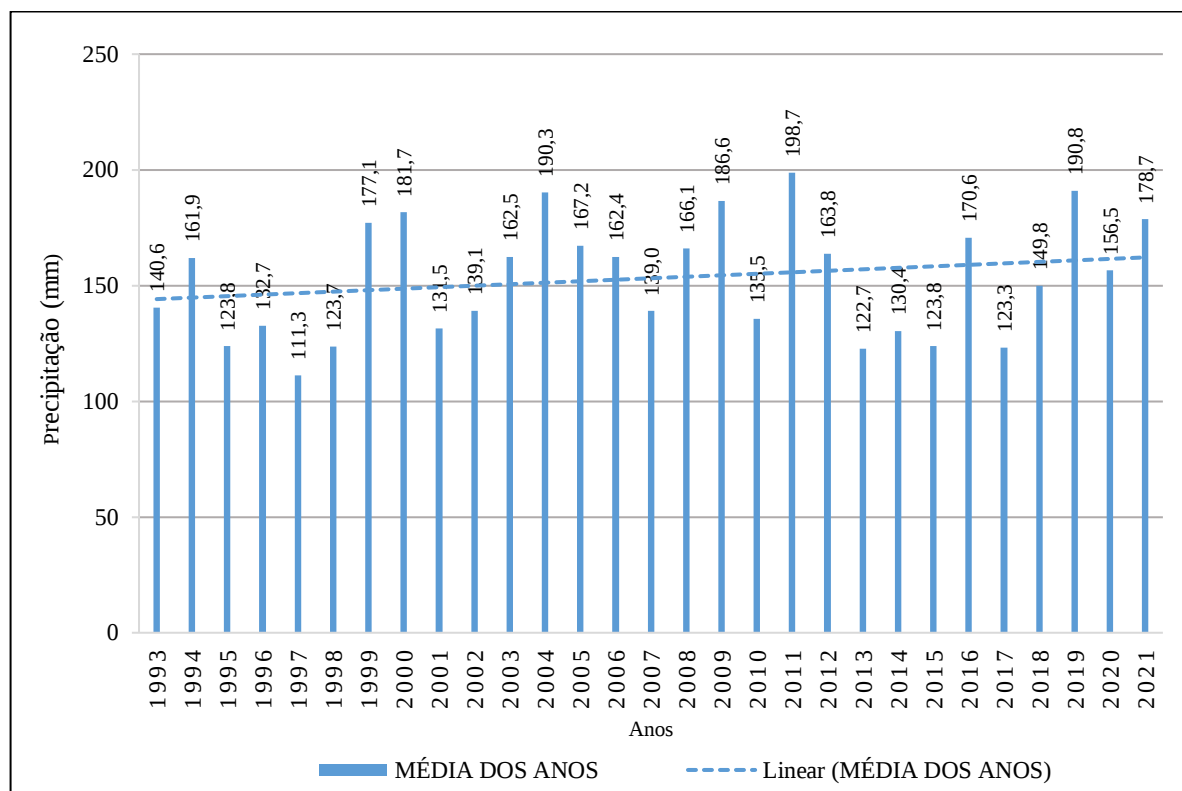
Gráfico 7 - Média mensal de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

A respeito do gráfico 8 sobre a variação de precipitação baseada na média anual durante o período de 1993 a 2021, percebe-se através da análise uma média relativamente moderável no decorrer dos anos, com valores entre 100 a 200 mm. Nesse contexto, a menor média apontada no gráfico ocorre no ano de 1997 com o valor de 111,3 mm, enquanto que a média mais elevada sucedeu em 2011 com 198,7 mm. Apesar da aparente alternância entre aumento e diminuição dos valores, nota-se um padrão de aumento da média de chuva a partir do ano de 1999, sendo possível observar uma maior ocorrência nesse período de precipitações acima de 150 mm.

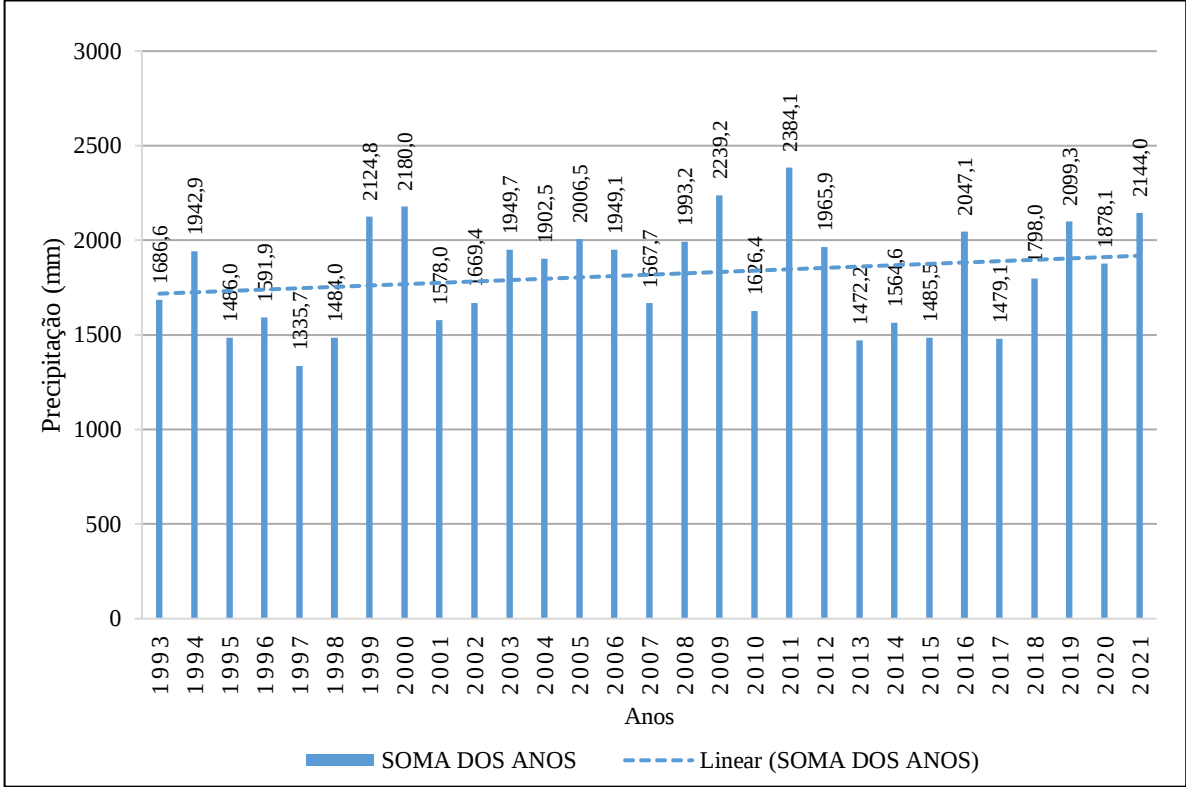
Gráfico 8 - Média anual de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

Para finalizar este conjunto de dados mensais, o gráfico 9 apresenta o total de precipitação específico de cada ano (1993 a 2021) na estação de Monte Alegre. Evidencia-se no contexto geral um total anual intermediário, estando com grande parte dos totais abaixo da média de 2300 mm constatada para a Amazônia por vários autores. Observa-se no ano de 1997 a data de menor total pluviométrico com a taxa de 1355,7 mm, entretanto no ano de 2011 o total de chuva alcançou os 2384,1 mm, sendo o ano com maior taxa de chuva. Em relação a evolução anual da dinâmica de precipitação, percebe-se uma ascensão levemente gradativa a partir do ano de 2005, onde se pôde apura a maior predominância de quantidades de chuvas acima de 2000 mm.

Gráfico 9 - Soma anual de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

Por fim, o quadro apresentado abaixo (Quadro 1) resume os dados abordados referentes à normal climatológica de precipitação nas duas estações, bem como o comportamento mensal e anual da chuva nas áreas de estudo durante o período de 1993 a 2021.

Quadro 1 - Síntese dos dados tratados acima

Informações	Estação de São Gabriel da Cachoeira/AM	Estação de Monte Alegre/PA
Período mensal mais chuvoso (Normal Climatológica)	Dezembro a julho	Janeiro a junho
Mês mais chuvoso (Normal Climatológica)	Maio	Abril
Período mensal menos chuvoso (Normal Climatológica)	Agosto a novembro	Julho a dezembro
Mês menos chuvoso (Normal Climatológica)	Setembro	Setembro

Período mensal mais chuvoso (1993-2021)	Novembro a julho	Janeiro a junho
Mês mais chuvoso (1993-2021)	Maio	Abril
Período mensal menos chuvoso (1993-2021)	Agosto a outubro	Julho a dezembro
Mês menos chuvoso (1993-2021)	Setembro	Setembro
Análise anual	Elevação das taxas a partir do ano de 2005 de valores acima de 3000 mm	Elevação das taxas a partir do ano de 2005 de valores acima de 2000 mm
Ano mais chuvoso	2002	2011
Ano menos chuvoso	1997	1997

Elaboração: CRAMER, 2024.

4.3 Dados de eventos extremos de precipitação diário entre 1993 a 2021

Após a análise inicial dos dados acerca das características climáticas das estações, sobretudo das dinâmicas mensais e anuais de precipitação, foi possível compreender com maior exatidão os períodos mensais com maiores e menores níveis de precipitação, bem como, o padrão comportamental pluviométrico anual durante os 29 anos. Este entendimento é importante para efeito de comparação com a atuação dos eventos extremos de precipitação diário, buscando verificar em que período e a partir de qual período esses eventos mais ocorrem nos respectivos municípios.

Os gráficos de 10 até 43 retratam sobre os dados de eventos extremos de precipitação diário maiores ou iguais ($\geq$) a 30 mm, 50 mm e 70 mm, valores considerados anômalos para a região correspondente do estudo de acordo com o embasamento de autores especialistas da temática. Os gráficos de quantificação desses eventos apresentam informações da ocorrência associadas tanto ao período anual como ao intervalo mensal.

4.3.1 Eventos extremos de precipitação anual em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA

O gráfico 10 possibilita o entendimento sobre a ocorrências de eventos extremos de precipitação anuais no município de São Gabriel da Cachoeira entre os anos de 1993 a 2021.

No que diz respeito aos eventos maiores ou iguais a 30 mm, nota-se a média de 29 eventos por ano e um total de 845 eventos durante todo o período, sendo 2002 o ano com maior número de eventos correspondente a 40 eventos extremos. Em contraste, um ano antes de 2002, houve o menor número de eventos extremos ≥ 30 mm, com o total de 18 eventos. Por intermédio da análise geral da variação de valores dos eventos ao longo dos anos, constata-se um leve aumento dos índices de eventos maiores ou iguais a 30 mm a partir do ano de 2006, com a maior frequência na ocorrência destes eventos acima de 30 vezes por ano.

No que respeita os eventos maiores ou iguais a 50 mm, verifica-se a média de 9 eventos por anos, marcado por um total de 281 eventos ao longo do período da pesquisa. O ano de 2006 tem realce por atingir 17 eventos maiores ou iguais a 50 mm, sendo considerado o maior valor diante de todo o intervalo temporal. Não obstante, aponta-se o ano de 2001 como sendo o ano de menor ocorrência com o total de 4 eventos. Ao ser realizado a análise da variabilidade de valores dos eventos ao longo dos anos, observa-se uma ascensão muito sutil dos valores, ou seja, quase imperceptível. Destaca-se neste período temporal o intervalo entre 2002 a 2016 como sendo o momento das maiores quantidades de ocorrência destes eventos, caracterizado pela predominância de valores ultrapassando os 10 eventos por ano. Contudo, logo após o ano 2016 os valores voltaram a ter um decréscimo e a seguir o mesmo padrão presente antes do ano de 2002.

No que tange os eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, ressalta-se a média de 3 eventos por ano, sendo contabilizado o total de 101 eventos durante estes anos. Destaca-se como o ano de maior quantidade de eventos, o ano de 2016 com o total de 8 eventos maiores ou iguais a 70 mm. Por outro lado, 4 distintos anos são classificados como os de menores quantidade de eventos, sendo eles 1994, 1998, 2020 e 2021, caracterizados por apenas 1 evento extremo. De maneira geral, não é possível verificar um padrão na variação destes eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm ao longo dos anos. Somente é possível realçar a constância no total de eventos entre 4 e 8 no período de 2009 a 2016, gerando uma tendência de aumento dos valores tênue.

Ao ser realizado uma comparação entre o gráfico de eventos extremos de precipitação anual e os gráficos de soma e média anual de precipitação, verifica-se que os eventos maiores ou iguais a 30 mm tiveram uma ascensão a partir de 2006 seguindo o comportamento do aumento da média de chuva a partir de 2005.

No entanto, a variação dos eventos maiores ou iguais a 50 mm e 70 mm apresentam uma dinâmica diferente dos eventos acima de 30 mm. Ambos possuem uma elevação quase

imperceptível dos valores, somado a um período de constância de valores elevados, no caso dos eventos maiores ou iguais a 50 mm correspondente ao intervalo entre 2002 a 2016 e no que se refere aos eventos maiores ou iguais a 70 mm estando associado ao intervalo de 2009 a 2016. Desse modo, não é possível afirmar uma correlação entre a dinâmica dos gráficos de eventos maiores ou iguais a 50 mm e 70 mm com os gráficos de soma e média anual de precipitação.

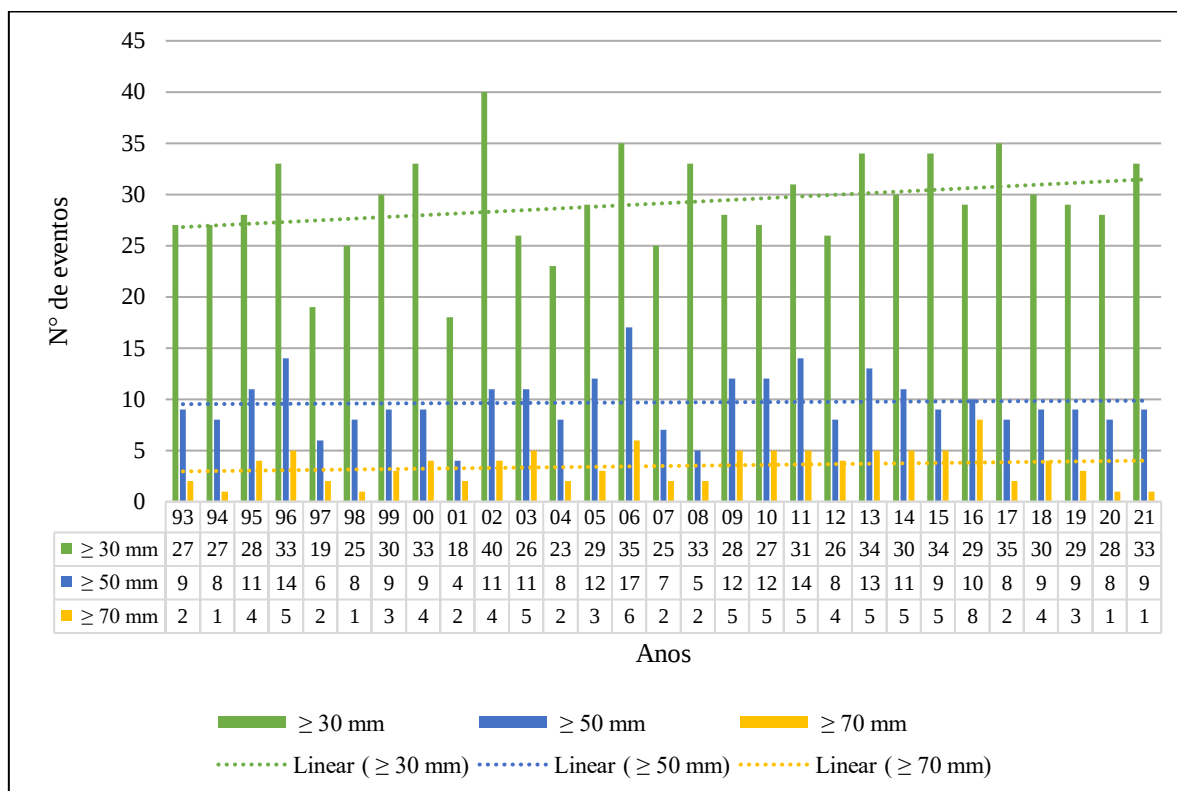
Com o objetivo de aprimorar a compreensão dos dados previamente abordados, o Quadro 2 abaixo resume as informações pertinentes à dinâmica de eventos extremos de precipitação anual em São Gabriel da Cachoeira/AM.

Quadro 2 - Síntese dos dados (Eventos extremos de precipitação anual em São Gabriel da Cachoeira/AM)

Informações	≥ 30 mm	≥ 50 mm	≥ 70 mm
Média de eventos/ano	29	9	3
Total de eventos	845	281	101
Ano com maior número de eventos	2002 com 40 eventos	2006 com 17 eventos	2016 com 8 eventos
Ano com menor número de eventos	2001 com 18 eventos	2001 com 4 eventos	1994, 1998, 2020 e 2021 com 1 evento
Análise geral	Aumento do número de eventos a partir do ano de 2006, com maior frequência de anos acima de 30 eventos	Ascensão leve do número de eventos entre o intervalo de 2002 a 2016, com maior frequência de anos acima ou igual a 10 eventos	Ascensão leve do número de eventos entre o intervalo de 2009 a 2016, com maior frequência de anos com constância entre 4 a 8 eventos

Elaboração: CRAMER, 2024.

Gráfico 10 - Total anual de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira/AM (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

O gráfico 11 trata acerca das ocorrências de eventos extremos de precipitação anuais no município de Monte Alegre entre os anos de 1993 a 2021. Com relação aos eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm, observa-se a média de 19 eventos por ano, marcado ainda pela somatória de 543 eventos ao longo do espaço temporal estudado. O maior contribuinte deste total é 2011 que representa o ano com maior número de eventos com 29 ocorrências. Em oposição a este valor máximo, o ano caracterizado pelo valor mínimo de eventos é 1996 com 12 eventos. Mediante a análise geral da variação de valores destes eventos maiores ou iguais a 30 mm ao longo dos anos, evidencia-se um crescimento nos valores de ocorrência a partir de 1999, tendo destaque a predominância dos valores entre 20 a 25 eventos em dois distintos períodos, entre 1999 a 2012 e 2019 a 2021. Ademais, o gráfico aponta uma continuidade regular a partir de 1999 de valores acima de 15 eventos por ano.

No que tange os eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, nota-se uma média de 6 eventos por ano, caracterizado por um total de 173 eventos ao longo do período de estudo. Frisa-se durante este intervalo temporal os valores de ocorrências mais elevados nos anos de 2019 e 2020, alcançando os valores de 12 eventos por ano. A quantidade mínima de ocorrência por ano aconteceu em 2 distintos anos, 1993 e 2013, com apenas 2 eventos. Ao averiguar a variação dos valores dos eventos ao longo dos anos, percebe-se a ascensão suave dos valores,

apesar da alternância entre subida e descida do número de eventos. Durante o passar do tempo o número de ocorrências em média se manteve acima dos 6 eventos por ano, especialmente de 2003 a 2012. Ademais, em anos mais recentes, indicados no gráfico como sendo 2019 e 2020, houve pela primeira vez e de forma seguida valores que ultrapassam os 10 eventos por ano.

No que toca os eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, é importante acentuar de início a média de 2 eventos por ano, ademais a somatória total evidenciada no decurso de toda a extensão temporal é de 66 eventos. Salienta-se como ano de maior quantidade de eventos, o ano de 2011 com o total de 6 eventos. Contudo, alguns anos não contabilizaram nenhum único evento maior ou igual a 70 mm, sendo os anos de 1993, 1997, 2007 e 2013. O gráfico de eventos maiores ou iguais a 70 mm demonstra uma pequena ascensão dos valores, mesmo com a alternância sem um certo padrão de subida e descida dos valores. Verifica-se a partir de 2004 uma maior constância de valores iguais ou mais elevados que 3 ocorrências por ano.

Em continuação, ao realizar a comparação entre o gráfico de eventos extremos de precipitação anual e os gráficos de soma e média anual de precipitação, constata-se que os eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm demonstraram aumento dos valores a partir de 1999, sobretudo até o ano de 2012, tendo assim uma correlação sutil com a dinâmica de precipitação anual, caracterizada pelo início do aumento dos índices de chuvas a partir de 1999, porém com maiores continuidades das taxas elevadas de chuva a partir de 2005. Outro elo nesta correlação observado refere-se ao ano com maior taxa de eventos extremos e o ano com maior taxa de precipitação, sendo em ambos os casos associados com o ano de 2011.

No que corresponde aos eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, não foi possível verificar uma correlação exata entre as taxas de eventos e dos níveis pluviométricos, tendo em vista que os eventos maiores ou iguais a 50 mm evidenciaram uma ascensão dos valores de modo sutil a partir de 2003 até 2012, enquanto que a precipitação anual atestou um aumento dos índices de chuvas a partir de 2005 até 2021. Contudo, as maiores taxas de eventos extremos estão próximas ao maior período pluviométrico. O mesmo sucedeu com o contexto dos eventos maiores ou iguais a 70 mm, que apenas manifestou um leve aumento dos valores a partir de 2004.

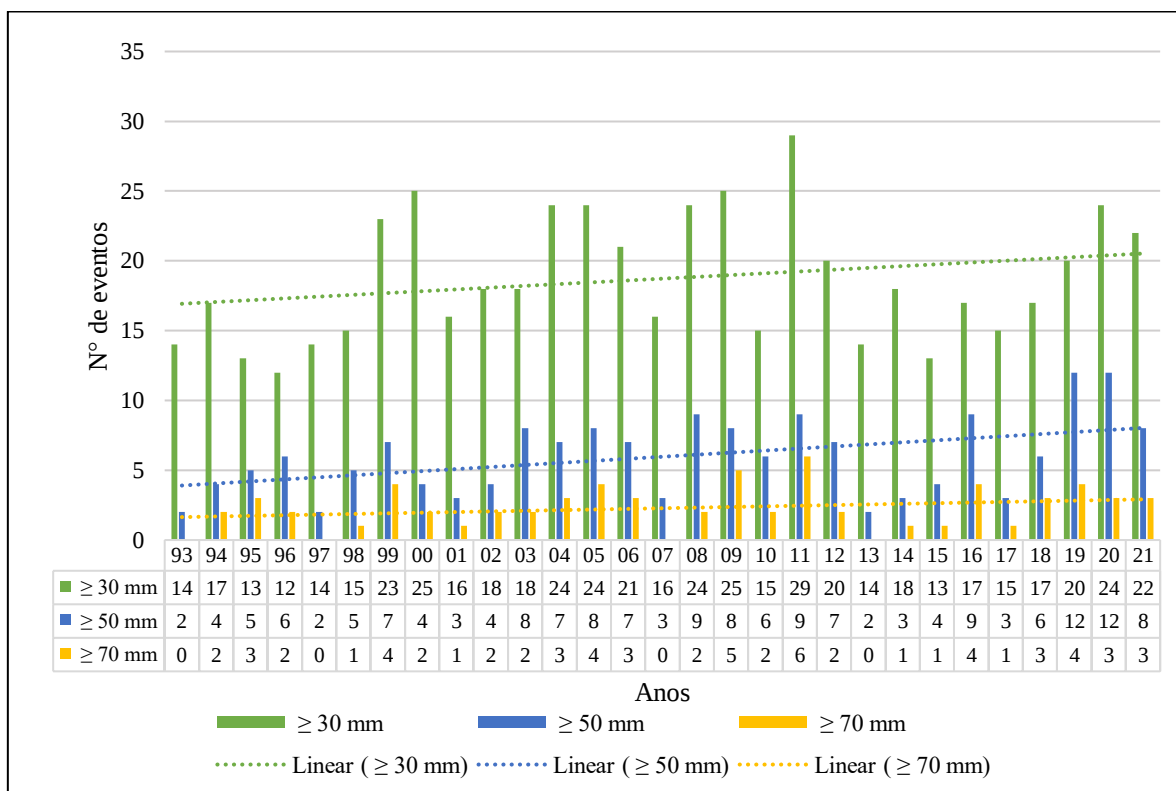
Visando aperfeiçoar a compreensão dos dados anteriormente discutidos, o Quadro 3 apresentado abaixo resume as informações relevantes acerca da dinâmica de eventos extremos de precipitação anual em Monte Alegre/PA.

Quadro 3 - Síntese dos dados (Eventos extremos de precipitação anual em Monte Alegre/PA)

Informações	≥ 30 mm	≥ 50 mm	≥ 70 mm
Média de eventos/ano	19	6	2
Total de eventos	543	173	66
Ano com maior número de eventos	2011 com 29 eventos	2019 e 2020 com 12 eventos	2011 com 6 eventos
Ano com menor número de eventos	1996 com 12 eventos	1993 e 2013 com 2 eventos	1993, 1997, 2007 e 2013 com nenhuma ocorrência
Análise geral	Aumento do número de eventos a partir de 1999 com valores acima de 15 eventos. Destaca-se os intervalos entre 1999 a 2012 e 2019 a 2021, com a constância de ocorrências entre 20 a 25 eventos	Aumento leve do número de eventos a partir de 2003 a 2012, com o número de ocorrências acima dos 6 eventos. Ressalta-se os anos 2019 e 2020 com mais de 10 eventos	Aumento leve do número de eventos a partir de 2004, tendo a constância de anos com número de ocorrências acima ou igual a 3 eventos

Elaboração: CRAMER, 2024.

Gráfico 11 - Total anual de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre/PA (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

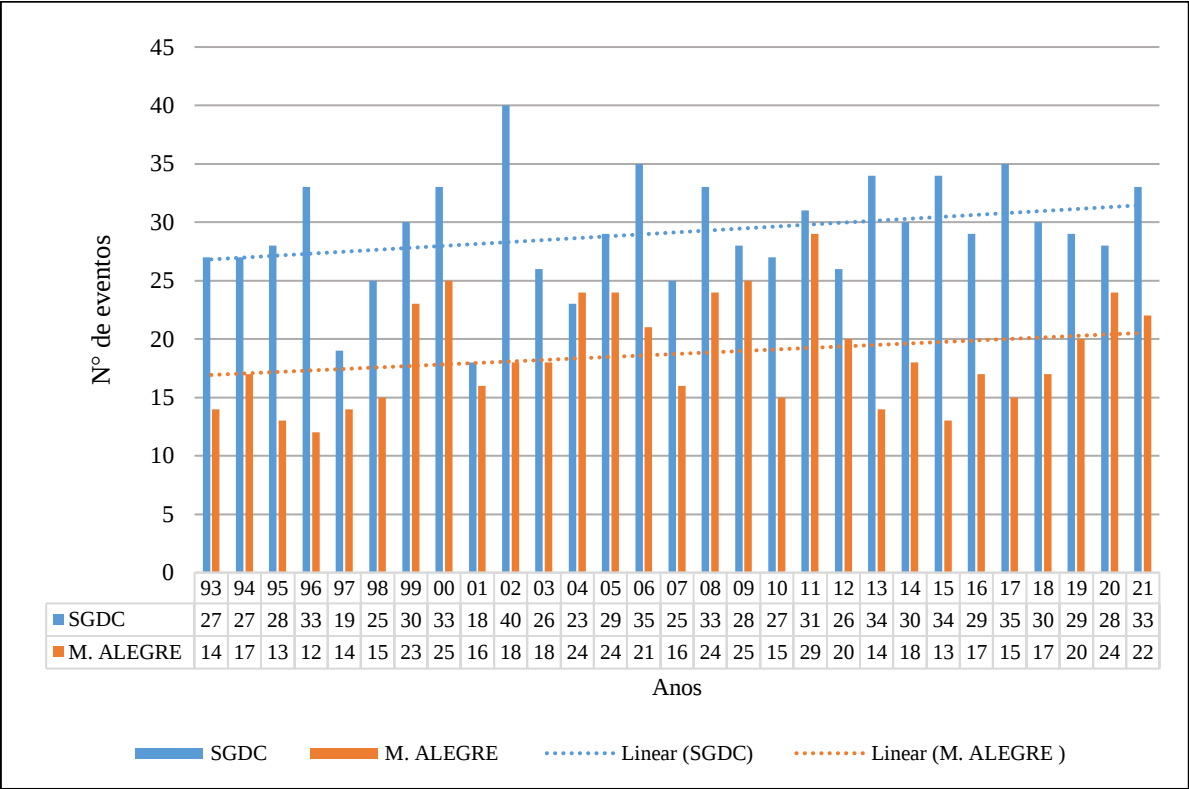
4.3.2 Comparação entre os gráficos de eventos extremos de precipitação anual em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1993-2021)

No que concerne a comparação entre os dados dos eventos extremos de precipitação anual entre as duas estações analisadas de 1993 a 2021 no gráfico 12, constata-se inicialmente sobre os eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm que a média e o total de eventos são maiores em São Gabriel do que em Monte Alegre. Na estação amazonense observa-se uma média de 29 eventos por ano e um total geral de 845 eventos. Em Monte Alegre a média e o total geral de eventos por ano são cerca de 30 por cento menor, sendo contabilizado a média de 19 eventos por ano e uma somatória de 543 eventos durante o período de estudo.

Os maiores e menores valores de eventos anuais em São Gabriel ocorreram no início do século XXI, com o ano caracterizado por maior taxa de chuva sendo 2002 com 40 eventos e o ano com menor taxa sendo 2001 com 18 eventos. Contudo, na estação de Monte Alegre as maiores e menores taxa anuais sucederam em anos distantes temporalmente, com a maior taxa em 2011 com 29 eventos e a menor taxa em 1996 com 12 eventos. Nesse aspecto, nota-se que em São Gabriel valores cerca de 30 por cento mais elevados nos anos de maior e menor quantidade de ocorrências de eventos extremos.

No que representa a dinâmica do gráfico de eventos maiores ou iguais a 30 mm nos dois municípios, evidencia-se um aumento dos eventos em São Gabriel a partir do ano de 2006, contabilizando maior frequência de eventos anuais acima de 30 ocorrências. Por outro lado, apesar do progressivo aumento também dos eventos em Monte Alegre, a ascensão dos valores se apresentou a partir de 1999, com destaque para dois intervalos temporais, entre 1999 a 2012 e 2019 a 2021, dispondo de uma variação média de 20 a 25 eventos.

Gráfico 12 – Comparação dos eventos extremos anuais ≥ 30 mm em São Gabriel da Cachoeira e Monte alegre



Fonte: INMET, 2024.

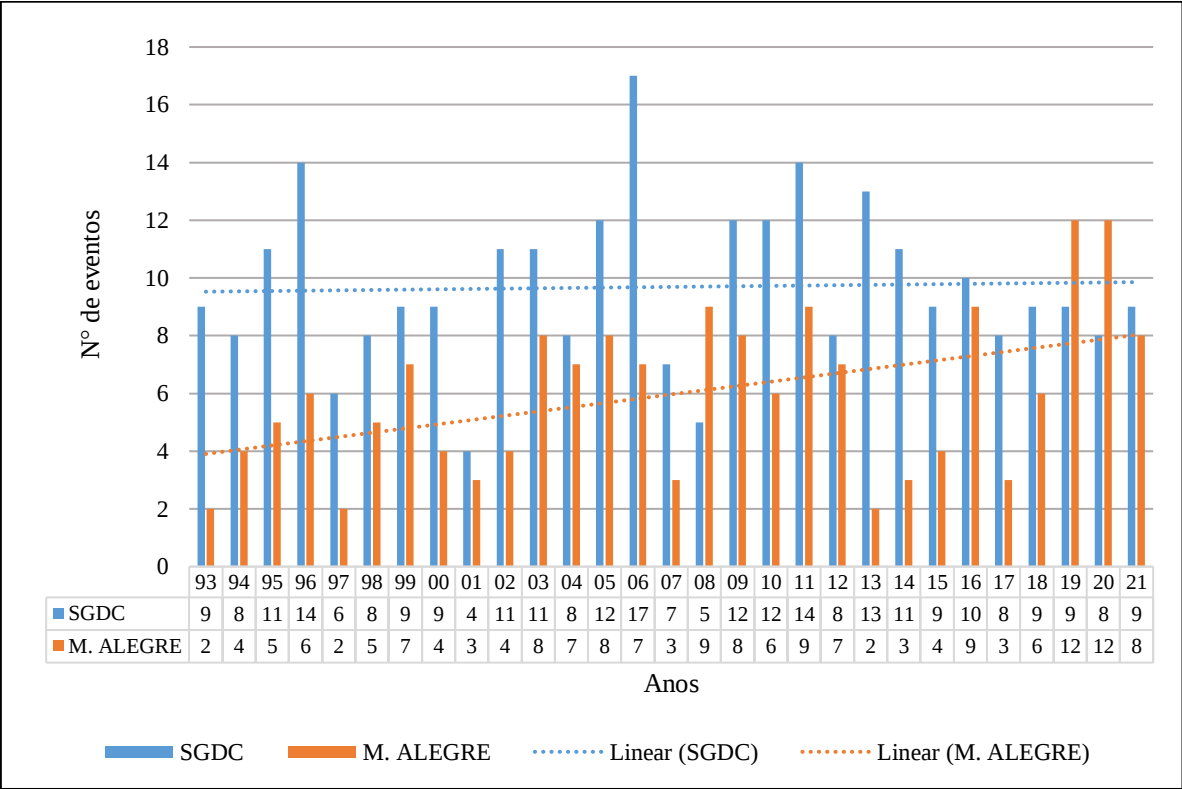
Em relação aos dados de eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm nos dois municípios no gráfico 13, a princípio é importante destacar que novamente os valores de média e o total geral de eventos anuais são maiores em São Gabriel da Cachoeira do que em comparação a estação paraense. Em São Gabriel foi contabilizado a média de 9 eventos por ano e a somatória total de 281 eventos. Entretanto, em Monte Alegre os valores se demonstraram 30 por cento menores, com a média de 6 eventos por ano e o total geral de 173 eventos.

Os maiores e menores valores em São Gabriel aconteceram durante o século XXI, com o ano de 2006 composto por 17 eventos e o ano de 2001 com 4 eventos. Todavia, em Monte Alegre estas ocorrências se sucederam em outros períodos, com os maiores valores anuais correspondentes a 12 eventos relativo aos anos de 2019 e 2020, enquanto que os menores valores anuais caracterizados por serem de 2 eventos anuais acontecidos em 1993 e 2013.

Com referência a dinâmica do gráfico de eventos maiores ou iguais a 50 mm nas duas estações, percebe-se em ambas as estações um aumento sutil dos valores ao longo do tempo, no caso de São Gabriel ressaltar-se o período a partir de 2002 e o intervalo temporal de 2002 a 2016 com a média de valores acima de 10 ocorrências por ano. No que diz respeito a Monte Alegre seguem por uma parte uma variação bem similar ao gráfico de São Gabriel, com os dados apontando uma leve ascensão a partir de 2003, com destaque para o intervalo temporal de 2003 a 2012 apresentando uma média acima de 6 eventos anuais.

A diferença que se apura em Monte Alegre, relaciona-se com os mais altos valores em 2019 e 2020, o que não se sucedeu em São Gabriel, fazendo com que no penúltimo e antepenúltimo se apresente este destaque dos eventos em Monte Alegre pela primeira vez ultrapassarem o número de eventos de São Gabriel.

Gráfico 13 – Comparação dos eventos extremos anuais ≥ 50 mm em São Gabriel da Cachoeira e Monte alegre



Fonte: INMET, 2024.

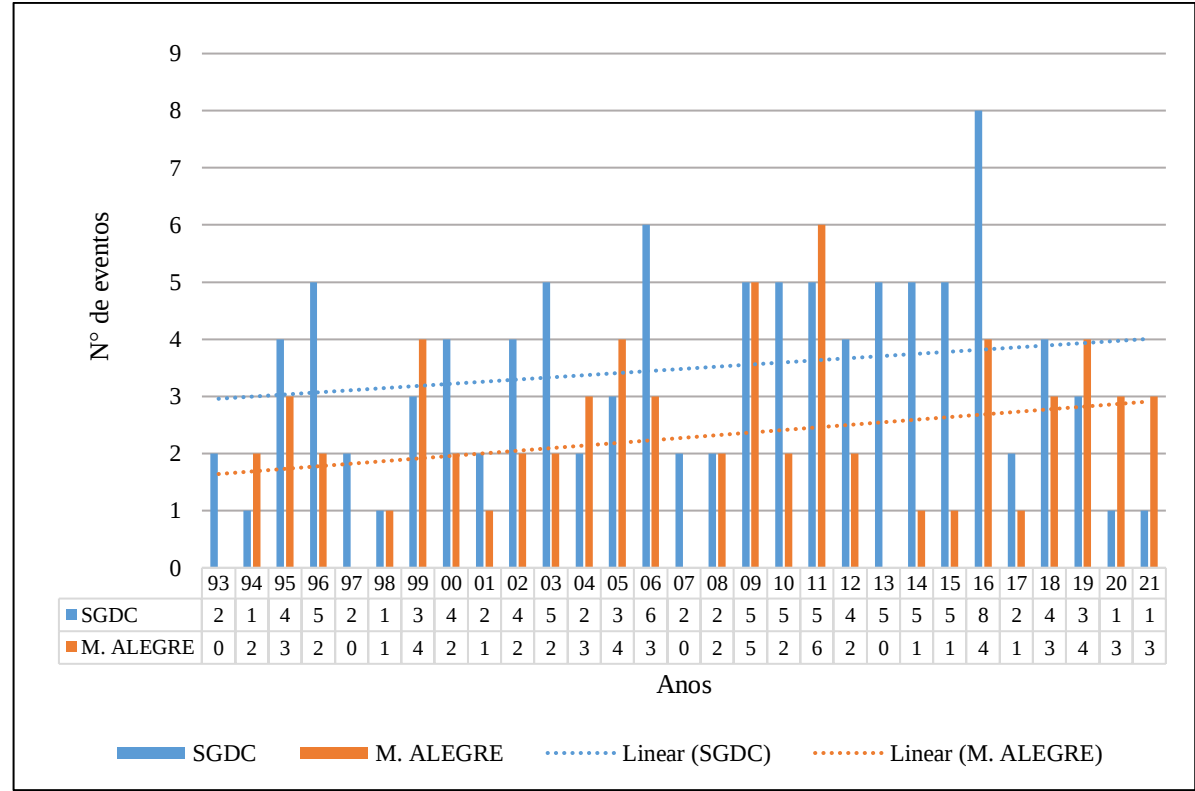
Com respeito aos dados de eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm nos dois municípios no gráfico 14, antes de mais nada é imprescindível salientar que São Gabriel da Cachoeira também evidenciou valores superiores na média e no total geral de eventos do que em comparação a estação de Monte Alegre. Em São Gabriel foi constatado a média de 3 eventos por ano e a somatória total de 101 eventos. Sem embargo, na estação paraense as quantidades

de ocorrências na média se mostraram ser 2 eventos por ano, ao passo que o total geral somente 66 eventos, ou seja, um valor cerca de 30 por cento menor.

Identifica-se como o maior valor de eventos em São Gabriel o ano de 2016 com 8 eventos, enquanto que o menor valor anual aconteceu nos anos de 1994, 1998, 2020 e 2021 tendo somente 1 evento anual. Na estação de Monte Alegre foi possível constatar os maiores valores de eventos anuais no ano de 2011 com 6 eventos, porém sobre os menores valores alguns anos não apresentaram nenhum evento anual, sendo estes 1993, 1997, 2007 e 2013.

Além disso, acerca da variação geral dos valores de eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, em São Gabriel observou-se um crescimento sutil dos valores, tendo destaque o intervalo temporal entre 2009 e 2016 com a constância média de frequência anuais entre 4 a 8. Em Monte Alegre não houve exatamente um mesmo padrão de evolução das ocorrências dos eventos, apesar de também ser percebido um leve aumento dos valores, a ascensão dos valores teve destaque a partir de 2004, com a predominância de ocorrência anuais acima ou iguais a 3 eventos. Assim como no gráfico anterior apresentado sobre os eventos maiores ou iguais a 50 mm, neste gráfico de eventos maiores ou iguais a 70 mm houve também a variação de dados com os anos finais tendo valores mais elevados em Monte Alegre, neste caso até mesmo no ano de 2021.

Gráfico 14 - Comparação dos eventos extremos anuais ≥ 70 mm em São Gabriel da Cachoeira e Monte alegre



Fonte: INMET, 2024.

Vale ressaltar que o aumento dos valores das ocorrências dos eventos extremos é mediado também por alternância com o decréscimo e a subida de valores sem um certo padrão.

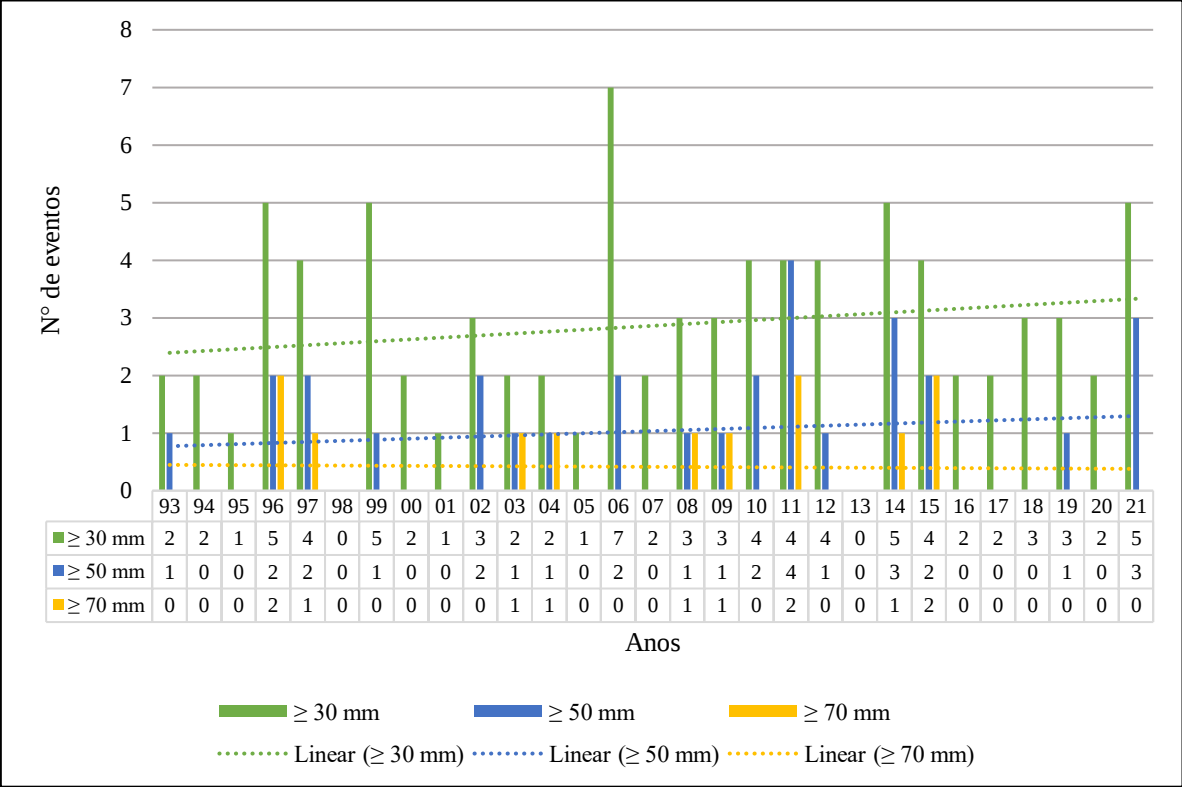
4.3.3 Totais de eventos extremos de precipitação mensais em São Gabriel da Cachoeira/AM

O gráfico 15 demonstra os eventos extremos de precipitação ocorridos no mês de janeiro em São Gabriel da Cachoeira de 1993 a 2021. Neste mês constatou-se um total de 83 eventos maiores ou iguais a 30 mm, baseado em uma média de 2,8 eventos em janeiro de cada ano. O máximo de frequência de eventos no mês de janeiro ocorreu no ano de 2006, com o total de 7 eventos, enquanto que a mínima frequência de eventos sucedeu nos anos de 1998 e 2013, anos que não apresentaram nenhum evento maior ou igual a 30 mm. Observa-se por intermédio do gráfico que estes eventos tiveram um aumento a partir do ano 1996, sobretudo entre o intervalo temporal de 1996 a 2015, que evidenciaram o predomínio de 2 ou mais frequências de eventos por ano no mês de janeiro.

No que corresponde aos eventos maiores ou iguais a 50 mm, por meio dos dados verificou-se uma somatória total de 30 eventos, caracterizado pela média de 1,03 eventos a cada ano. O máximo de frequência de eventos no mês de janeiro aconteceu em 2011, com o total de 4 eventos. Em oposição, a frequência mínima de eventos no mês de janeiro ocorreu em 12 distintos anos, que acabaram por não ter nenhuma ocorrência, como exemplo dos anos de 1994, 2001 e 2016. De maneira geral, a variação dos valores teve um leve aumento a partir de 2002, especialmente durante o intervalo temporal de 2002 a 2015, período que acarretou em constantes ocorrências destes eventos.

Ademais, sobre os eventos maiores ou iguais a 70 mm nos meses de janeiro, através do cálculo de soma dos eventos foi possível determinar o total de 12 eventos, marcado ainda pela média de 0,4 eventos por ano em cada mês de janeiro. O máximo de frequência de eventos no mês de janeiro sucedeu em 3 distintos anos, sendo estes 1996, 2011 e 2015. Em contraposição, a frequência mínima de eventos no mês de janeiro ocorreu em 20 distintos anos, que acabaram por ter valores nulos de ocorrências, como exemplo dos anos de 1994, 2001 e 2016. Mediante a análise geral dos dados de eventos maiores ou iguais a 70 mm, não foi possível constatar um aumento ou decréscimo dos valores por conta de alternância sem padrões, sendo apenas possível estabelecer o período com mais continuidade dos eventos, estando associado com o intervalo anual entre 2008 a 2015, porém logo após desse período não houve nenhuma outra ocorrência.

Gráfico 15 - Total em janeiro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

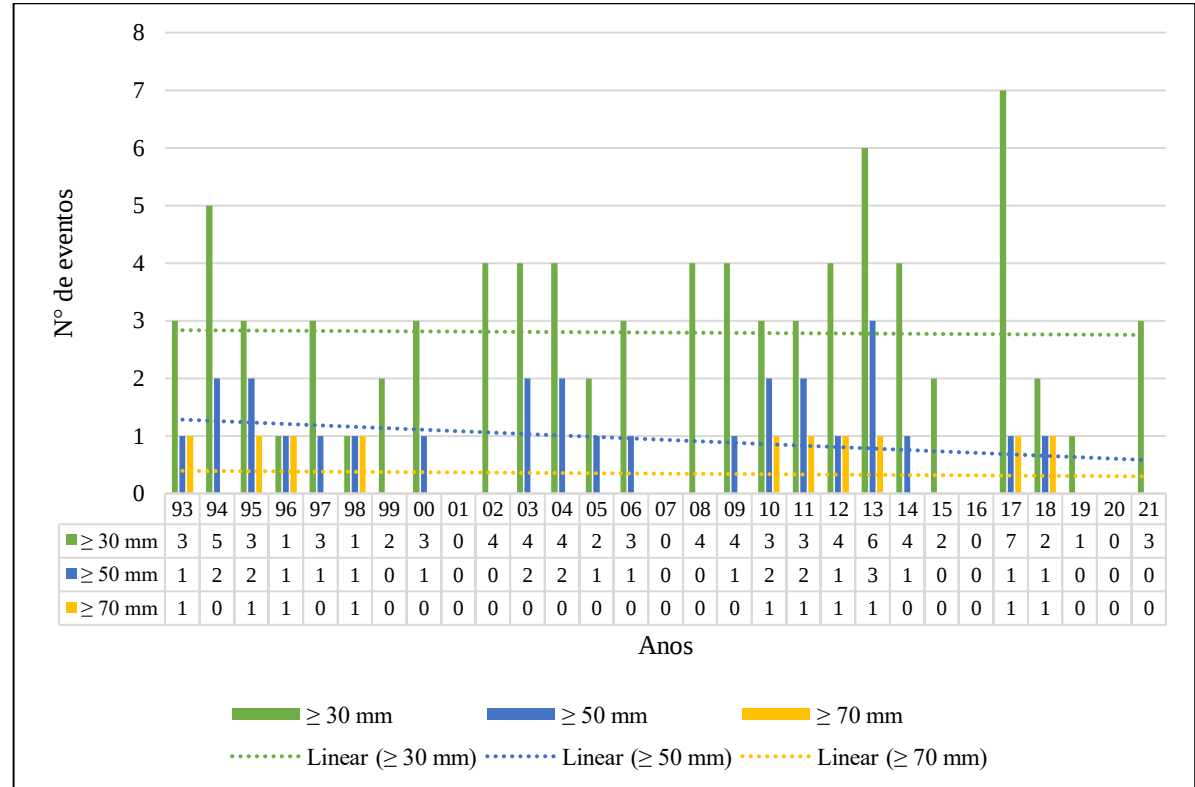
O gráfico 16 retrata os dados de eventos extremos de precipitação ocorridos no mês de fevereiro em São Gabriel da Cachoeira de 1993 a 2021. Por intermédio da análise dos valores dos eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm, nota-se a somatória total de 81 eventos ao longo do período de pesquisa, em conjunto com uma média de 27 ocorrências por ano neste mês específico tratado. O ano de 2017 assume o protagonismo de ser o ano com maior taxa de eventos extremos, atingindo o total de 7 eventos. Em contraste, 4 distintos anos apresentaram as taxas mínimas com valores nulos. Sobre a análise geral da variação de valores dos eventos acima de 30 mm ao longo dos anos, devido à grande alternância entre subida e de descida dos valores a constatação de um padrão comportamental do gráfico é difícil. Pode-se observar que valores nulos passaram a acontecer a partir do ano de 2001, no entanto de 2000 a 2021 houveram também vários anos apresentando valores acima de 3 eventos. Em meio a essa grande variação, pode-se afirmar que há uma pequena decaída dos valores.

No que tange os eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, ressalta-se a média de 0,93 eventos por ano, sendo contabilizado o total de 27 eventos durante estes anos. Salienta-se como o ano de maior quantidade de eventos, o ano de 2012 com o total de 3 eventos. Por outro lado, 10 diferentes anos são classificados como os de menores quantidade de eventos, como exemplo de 1999, 2001, 2007 e 2008, caracterizados por nenhuma ocorrência de eventos

extremos. No que diz respeito a variação geral dos valores, nota-se descontinuidades entre a subida e descida dos valores sem certo padrão. Constatou-se a partir do ano de 1999 o início de anos sem nenhuma catalogação de eventos, com ênfase para o período posterior ao ano de 2015, fazendo com que de interpretação geral seja de que a frequência de eventos esteja em declínio ao longo dos respectivos meses de fevereiro.

Em referência aos eventos maiores ou iguais a 70 mm, é importante acentuar de início a média de 0,3 eventos por ano, em conjunto com a somatória total evidenciada de 10 eventos. Salienta-se 10 distintos anos como os de maiores quantidades de eventos, como exemplo de 1993, 1996, 2010 e 2018, com o total anual de 1 evento. No entanto, alguns anos não contabilizaram nenhum único evento maior ou igual a 70 mm, como exemplo dos anos de 1994, 1997, 2001 e 2016. O gráfico de eventos maiores ou iguais a 70 mm não demonstra um padrão de variação ou uma tendência de aumento ou decaída dos valores. Verifica-se uma espécie de variação em forma ciclo caracterizado pela ocorrência consecutiva em certos períodos e um intervalo temporal de valores nulos, seguindo assim posteriormente esta mesma sequência.

Gráfico 16 - Total em fevereiro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2022.

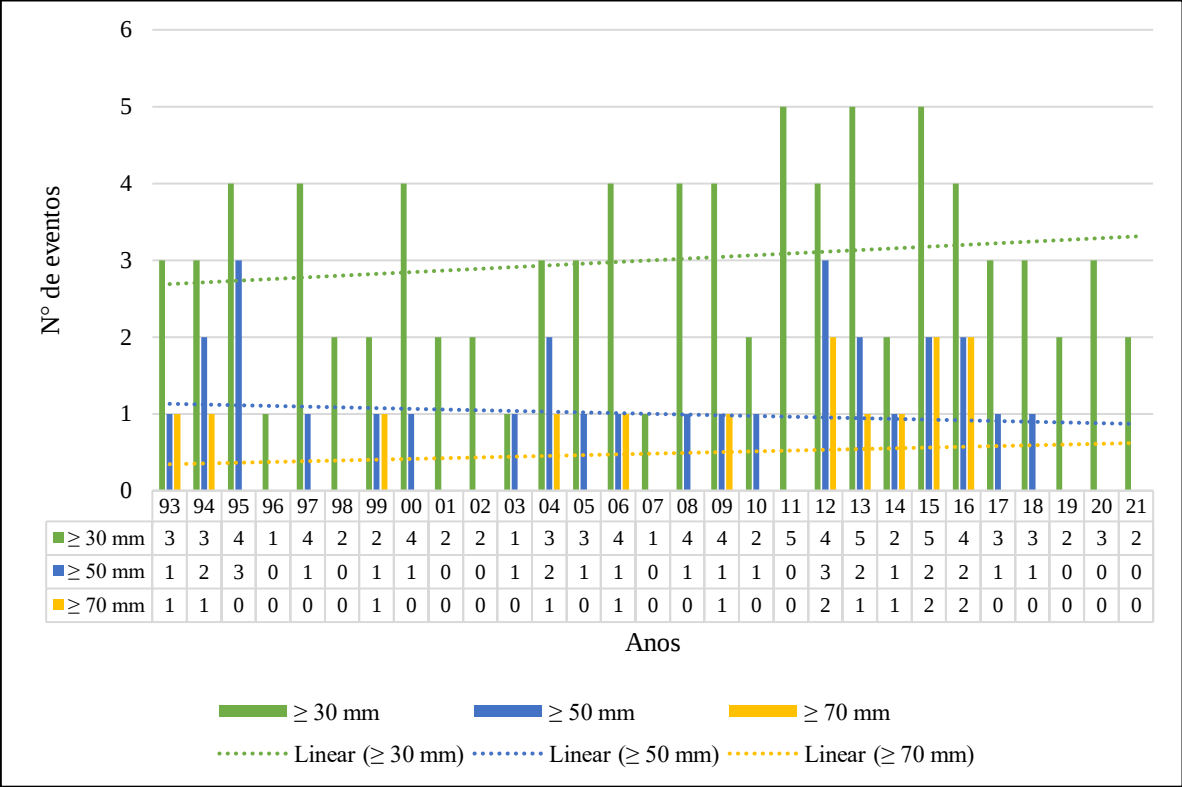
O gráfico 17 apresenta o total em março de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira entre 1993 a 2021. No que tange os eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm, nota-se uma média de 3 eventos por ano, caracterizado ainda por um total de 87

eventos ao longo do período de estudo. Frisa-se durante este intervalo temporal os valores de ocorrências mais elevados nos anos de 2011, 2013 e 2015, alcançando o valor de 5 eventos por ano. A quantidade mínima de ocorrência por ano aconteceu em 3 distintos anos, 1996, 2003 e 2007, com apenas 1 evento. Ao ser averiguado a variação dos valores dos eventos maiores ou iguais a 30 mm ao longo dos anos, verifica-se em meio a uma intensa instabilidade dos valores, uma certa ascensão dos valores, tendo destaque o início da ocorrência anual de 5 eventos a partir do ano de 2011 e a maior regularidade da frequência anual acima de 2 eventos.

No que toca os eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, observa-se que São Gabriel da Cachoeira possui uma média de 1 evento por ano, baseado em uma somatória total de 29 eventos. Enfatiza-se os anos de 1995 e 2012 com maiores taxas de eventos, atingindo o total de 3 eventos. Por outro lado, o período com menor precipitação está vinculado com 9 diferentes anos, como exemplo dos anos de 1996, 1998, 2002 e 2007, não apresentando nenhuma ocorrência de evento anual. Sobre a análise geral dos dados, mesmo com a instabilidade dos valores marcado pela grande variação para menor e maior, pode-se perceber uma certa queda de maneira leve da frequência dos eventos anuais nos meses de março.

No que se refere aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, atesta-se em São Gabriel da Cachoeira uma média de 0,5 eventos, sendo também evidenciado uma somatória total de 14 eventos. Os maiores índices de eventos ocorreram nos anos de 2012, 2015 e 2016 com os valores de 2 eventos por ano. As menores taxas de eventos sucederam em 18 distintos anos, que não constatarem nenhum evento anual, como exemplo dos anos de 1995, 2008, 2011 e 2017. Ao ser efetuado uma análise geral dos dados deste tipo de evento, evidenciou-se uma pequena ascensão dos valores ao longo do tempo, posto que houve maior ocorrência de eventos em anos seguidos na última década e o começo da frequência de ocorrência de mais de 2 eventos anuais nesse mesmo período, apesar de grande quantidade de anos com valores nulos.

Gráfico 17 - Total em março de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

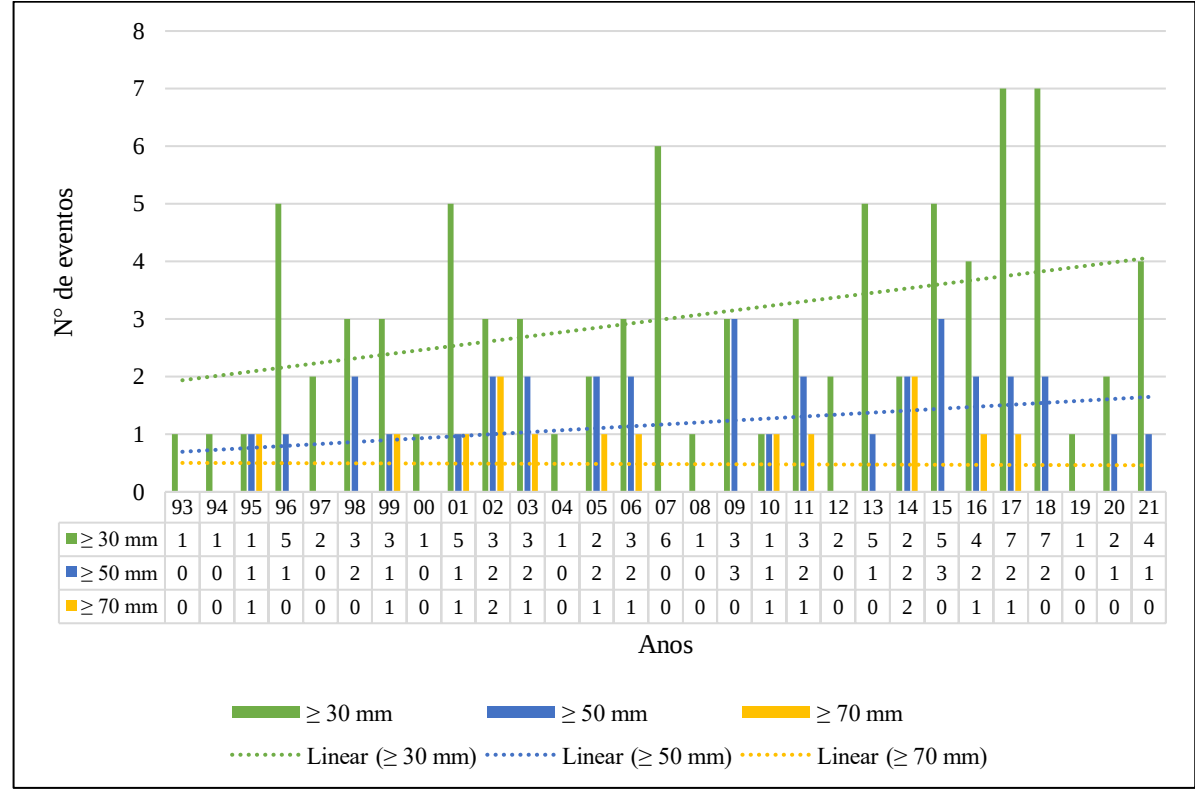
O gráfico 18 demonstra o total em abril de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira entre 1993 a 2021. No que diz respeito aos eventos maiores ou iguais a 30 mm, nota-se a média de 3 eventos por ano e um total de 87 eventos ao longo de todo o período, sendo 2017 e 2018 os anos com maior número de eventos equivalente a 7 eventos extremos. Em contraste, em 8 distintos anos sucederam o menor número de eventos extremos acima de 30 mm, com o total anual de apenas 1 evento. Ao se efetivar uma análise geral da variação de valores dos eventos durante todo o período temporal, constata-se um aumento dos índices de eventos acima de 30 mm, com realce para o período após 1996, que evidenciou as frequências anuais superando os valores de 5 eventos, mantendo uma constância maior ou igual a 2 eventos, apesar das oscilações abruptas nos valores para maior ou menor.

A respeito dos eventos maiores ou iguais a 50 mm, em face dos dados coletados percebe-se a média de 1,2 eventos por ano, determinado ainda por uma somatória total de 34 eventos. Ademais, foi possível perceber que em 2009 e 2015 foram os anos com a maior taxa de frequência anual de eventos, atingindo o valor de 3 eventos, enquanto que a menor taxa de precipitação aconteceu em 9 respectivos anos, podendo ser citado como exemplo os anos de 1993, 1997, 2004 e 2012. Nesse contexto, apesar da alternância entre aumento e diminuição dos valores, nota-se um padrão de aumento dos valores de eventos a partir do ano de 1998,

sendo possível observar uma maior ocorrência nesse período de anos com valores acima de 2 eventos.

Em relação aos dados de eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, a princípio é importante destacar os valores de média e o total geral dos dados, sendo contabilizado a média de 0,5 eventos por ano e a somatória total de 14 eventos. O ano com maior número de eventos está especificamente associado com os anos de 2002 e 2014, composto por 2 eventos cada. Todavia, vários anos se incluíram na lista de anos com menor número de eventos por não contabilizarem nenhum evento anual, como exemplo dos anos de 1993, 2004, 2013 e 2019. Com referência a dinâmica do gráfico associado a este tipo de evento, não foi possível verificar um certo aumento ou decaída dos valores a longo prazo, mas sim apenas constatar muitos anos com valores nulos e também anos chegando a 2 ocorrências a partir de 2002.

Gráfico 18 - Total em abril de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

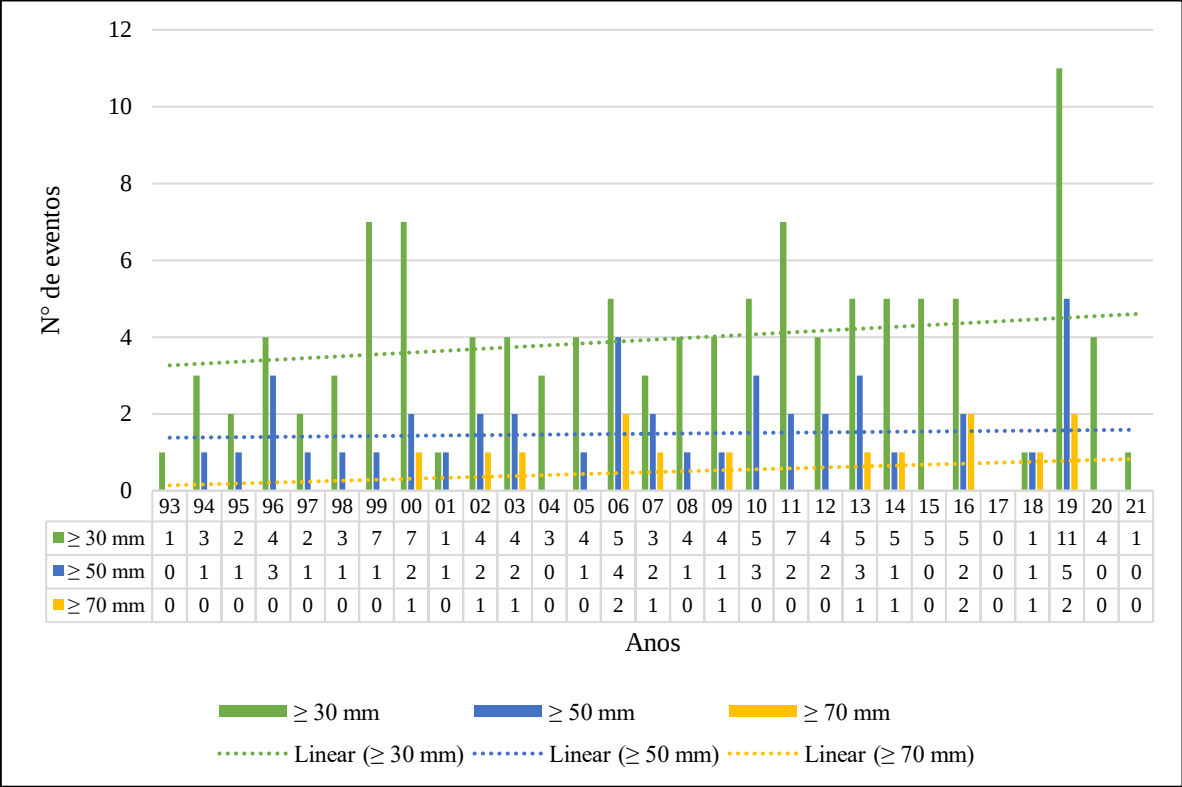
O gráfico 19 trata acerca das ocorrências de eventos extremos de precipitação nos respectivos meses de maio dos anos de 1993 a 2021. Com relação aos eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm, observa-se a média de 3,9 eventos por ano, marcado ainda pela somatória de 114 eventos ao longo do espaço temporal estudado. O maio beneficiador deste total é o ano de 2019 que se insere na posição de destaque por ser o ano com maior número de eventos com 11 ocorrências. Em oposição a este ano de maior contribuição, ressalta-se o ano de 2017

caracterizado pelo valor mínimo de número de eventos com nenhum evento anual. Mediante a análise geral da variação de valores destes eventos maiores ou iguais a 30 mm ao longo dos anos, evidencia-se um crescimento nos números de eventos anuais a partir de 1999, demonstrando o início de anos com número de eventos maiores ou iguais a 5, ademais se apresentou também um maior predomínio de anos com número de evento maiores ou iguais, ainda que mediado por muitas alterações nos valores.

Ao ser apontado os eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, primeiramente é importante acentuar acerca de média e do total obtido a partir dos dados. A média anual constatada foi de 1,5 eventos, ao mesmo tempo que a somatória total é de 43 eventos no decurso de toda a extensão temporal. Frisa-se que como o ano com maior quantidade de eventos, o ano de 2019 com o total de 5 eventos. Entretanto, determinados anos não dispuseram de nenhum único evento maior ou igual a 50 mm, como os anos de 1993, 2004, 2015, 2017, 2020 e 2021. A sequência de valores de número de eventos maiores ou iguais a 50 mm não demonstra um padrão de variação de ascensão ou declínio dos números, no entanto salienta-se nos últimos cinco anos do gráfico a predominância de anos com número de eventos nulos.

No que está relacionado aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, evidencia-se através dos dados a média de 0,5 eventos anuais e a somatória total de 14 eventos anuais. Observa-se nos anos de 2006, 2016 e 2019 os maiores valores de números de ocorrência dos eventos extremos, com 2 eventos. Entretanto, grande parte dos anos apresentaram também valores de ocorrências nulos, como exemplo dos anos de 1993, 1999, 2008 e 2012. Em relação a análise geral dos números de eventos extremos anuais, foi possível perceber o início das ocorrências a partir do ano 2000, assim como o começo de anos com mais de 2 eventos anuais a partir de 2006, indicando aumento dos valores e maior constância dos números de eventos maior e/ou igual a 1, ainda que permeado por valores nulos e alta variabilidade.

Gráfico 19 - Total em maio de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

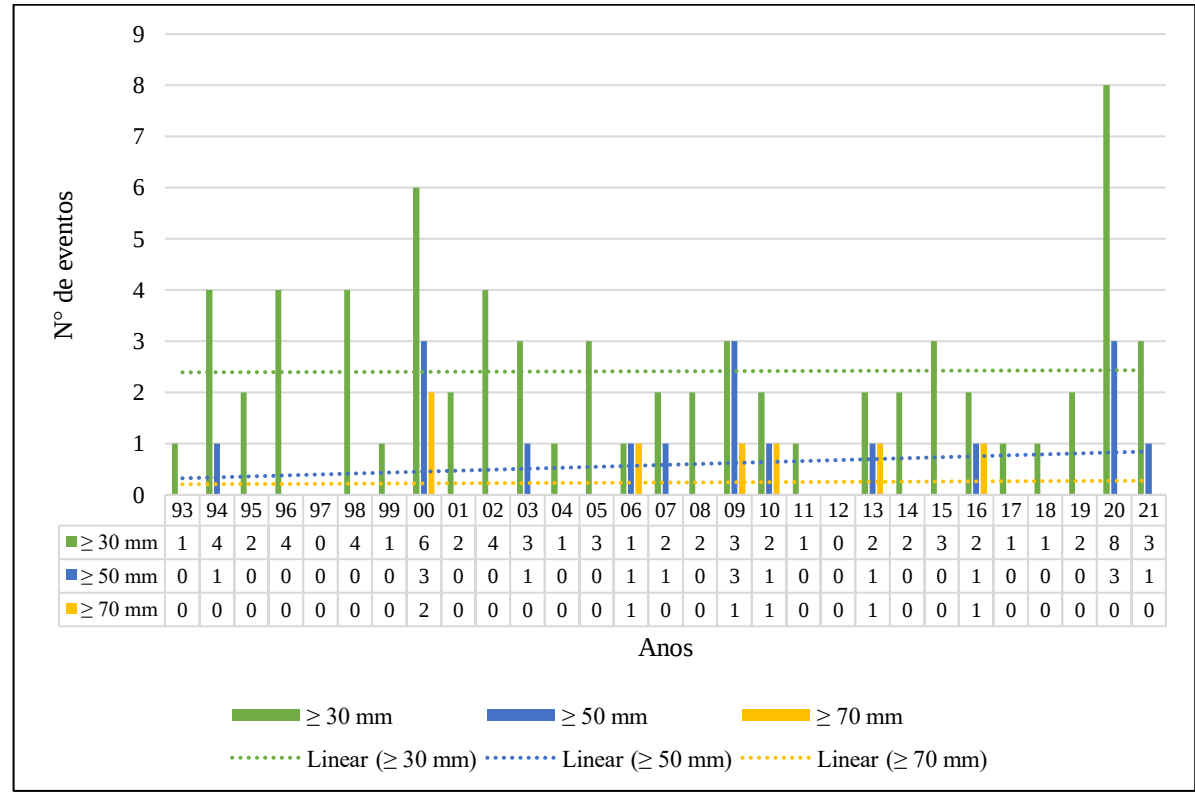
O gráfico 20 apresenta informações sobre o número de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira no mês de junho dos respectivos anos de 1993 a 2021. Constatase inicialmente sobre os eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm, a média de 2,5 eventos e a somatória geral de 70 eventos. Na estação de São Gabriel no ano de 2020 sucedeu o maior número de eventos, com o total de 8 eventos. Sem embargo, durante o período temporal do gráfico observou-se 2 distintos anos como sendo os de menores valores nos números de eventos, sendo estes 1997 e 2012. No que representa a dinâmica do gráfico de eventos maiores ou iguais a 30 mm no município, não se evidencia um aumento ou descida dos valores, podendo ser salientado os anos com valores iguais a 4 eventos no fim do século XIX e início do século XX, contudo para o restante do período houve a dominância de anos com números de eventos entre 2 a 3 frequência de ocorrência.

No que diz respeito aos eventos maiores ou iguais a 50 mm, por intermédio da análise dos dados verificou-se uma somatória total de 17 eventos, marcado pela média de 0,6 eventos a cada ano. Diante da sequência temporal de valores nos meses de junho, nota-se que o máximo de número de eventos ocorre em 3 respectivos anos de modo disperso, 2000, 2009 e 2020, com o total anual de 3 eventos. Em oposição, a frequência mínima de eventos no mês de janeiro ocorreu em 17 distintos anos, que acabaram por não contar com nenhuma ocorrência, como

exemplo dos anos de 1996, 2004 e 2014. De forma geral, a variação dos valores não revelou um padrão de aumento ou descenso, sendo apenas possível destacar o início as ocorrências a partir de 2000, mediado por vários anos com valores nulos.

No que se refere aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, atesta-se no município uma média de 0,2 eventos, sendo também constatado uma somatória total de 7 eventos. Os maiores índices de eventos ocorreram no ano de 2000, com o total de 2 eventos. As menores taxas de eventos aconteceram em grande parte dos anos, que não tiveram nenhum evento anual, como exemplo dos anos de 1993, 1999, 2004 e 2012. Ao ser empreendido uma análise geral dos dados específicos deste tipo de evento, não foi possível observar um padrão no comportamento do gráfico de eventos maiores ou iguais a 70 mm, permeado por muitos valores nulos e pelo início das ocorrências no ano 2000.

Gráfico 20 - Total em junho de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

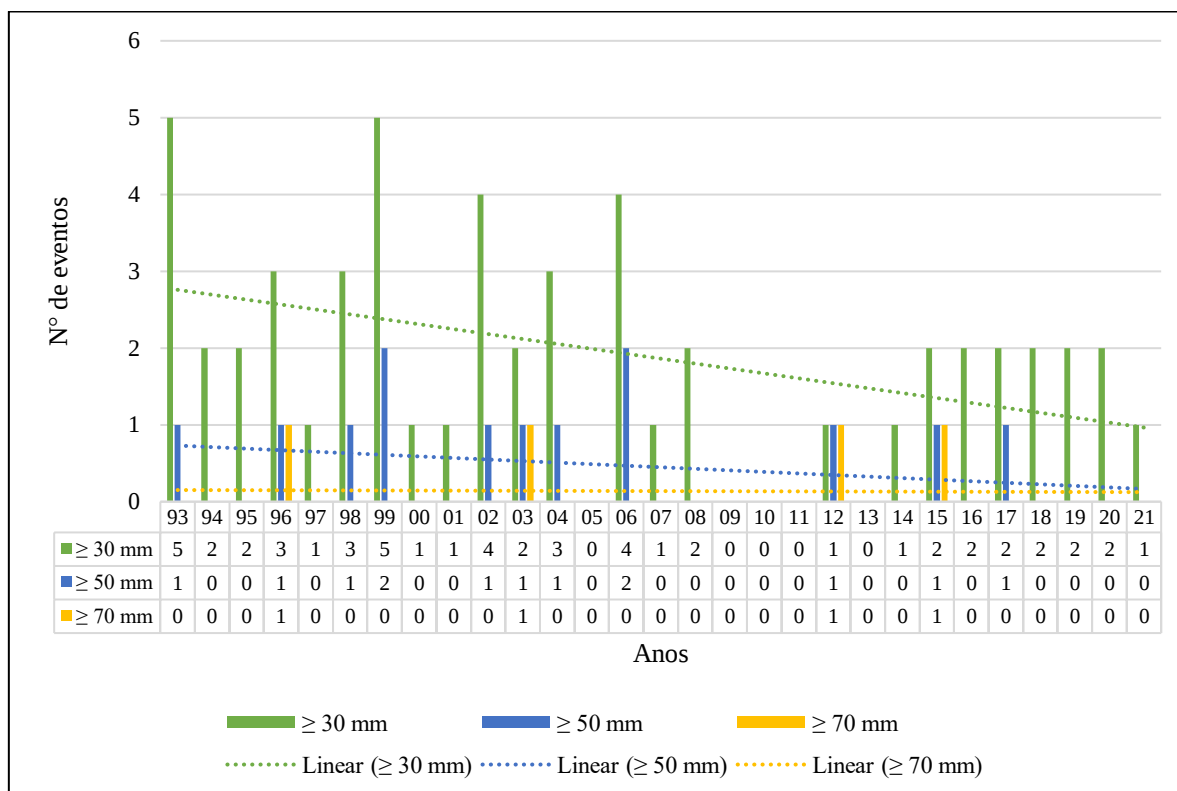
O gráfico 21 demonstra os dados dos eventos extremos de precipitação no mês de julho dos anos de 1993 a 2021 na estação de São Gabriel da Cachoeira. No que concerne os eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm, observa-se uma média de 1,8 eventos por ano e um total geral de 54 eventos. Os anos com maiores valores de números de eventos em São Gabriel ocorreram no início do século XXI, sendo estes 1993 e 1999 com 5 número de eventos cada. Por outro lado, os anos de 2005, 2009, 2010 e 2013 se ressaltam como os de menores valores

nos números de eventos, apresentando valores nulos de ocorrências de eventos extremos. Sobre a análise geral dos dados, pode-se averiguar uma queda dos números de frequência dos eventos anuais nos respectivos meses de julho. Além disso, o gráfico é caracterizado por muita instabilidade dos valores, ou seja, com alta variação, tendo anos com valores maiores ou iguais a 3 números eventos em conjunto com a inexistência de valores nulos até o ano de 2006, após esse período os valores se mantiveram entre 0 a 2 eventos.

No que respeita os eventos maiores ou iguais a 50 mm, verifica-se a média de 0,4 eventos por ano e uma somatória total de 13 eventos ao longo do período da pesquisa. Entre os seguidos meses de julho, os anos de 1999 e 2006 assumem a posição de destaque pelo fato de possuírem os maiores números de eventos, sendo 2 frequências. No entanto, muitos anos podem ser classificados com os de menores números de eventos, como exemplo dos anos de 1994, 1995, 2010 e 2021, que não constatarem nenhum único evento nesse intervalo temporal. Salienta-se de maneira geral sobre os dados presentes no gráfico, uma grande contabilização de anos com valores nulos, alta flutuação com a subida e descida dos valores. Ademais, verifica-se no comportamento do gráfico a longo prazo uma decaída dos números de eventos, posto que os períodos finais do gráfico apresentam a maior quantidade de anos com valores nulos.

No que toca os eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, identifica-se nos meses de julho em São Gabriel da Cachoeira uma média de 0,1 eventos por ano, além de uma somatória total de 4 eventos. Enfatiza-se os anos de 1996, 2003, 2012 e 2015 com maiores números de eventos, atingindo em cada ano o total de 1 evento. Em oposição, em mais de 10 anos não foi atestado nenhuma ocorrência de evento exemplo, como exemplo de 1994, 2009, 2016 e 2020. Sobre a análise geral dos dados, não foi possível verificar um padrão de aumento ou decaída dos valores, mas sim distintos anos com apenas 1 ocorrência de modo espaçado temporalmente.

Gráfico 21 - Total em julho de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

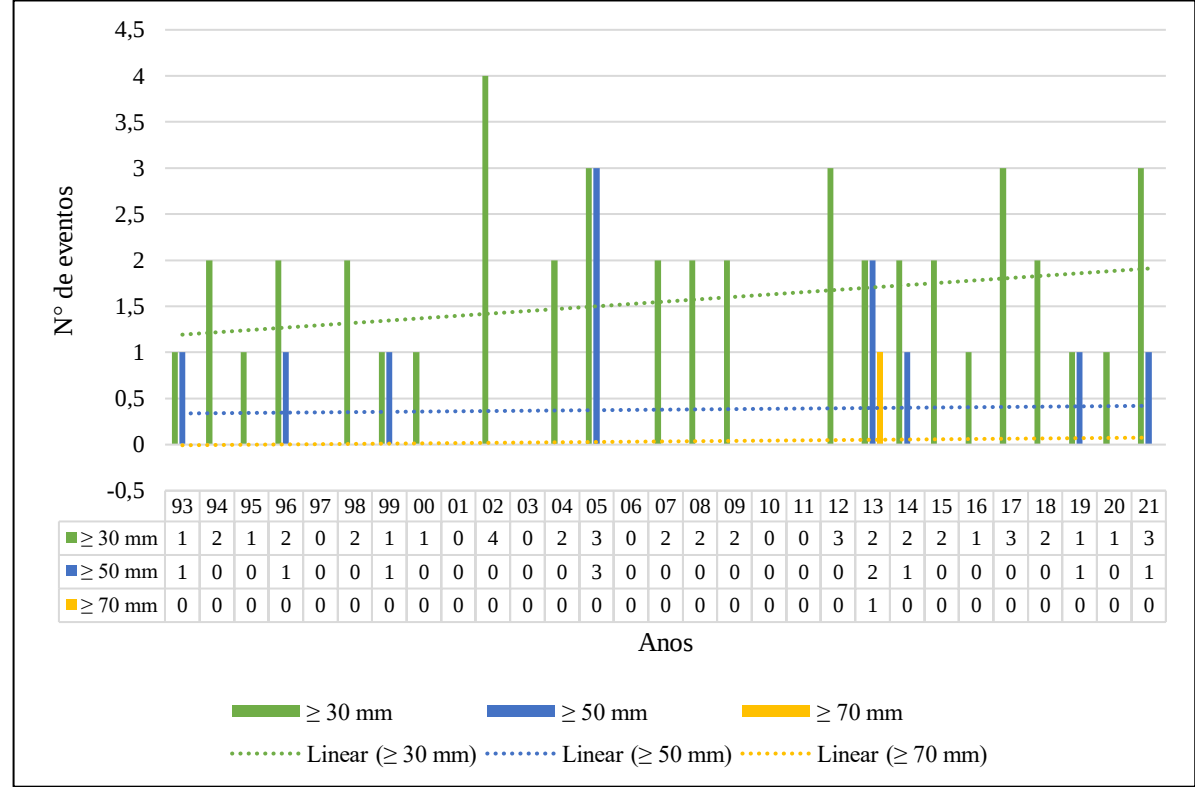
No que concerne o total de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira nos respectivos meses de agosto de 1993 a 2021 apresentado no gráfico 22, constata-se inicialmente sobre os eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm a média de 1,5 eventos e a somatória total de 45 eventos. Constata-se que o ano de 2002 possui o maior valor de número de eventos extremos, alcançando o total de 4 eventos. Entretanto, diferentemente do ano com o máximo de valor, seis distintos anos podem ser considerados com os de menores valores de eventos, devido ao fato de não ser apurado nenhum valor, podendo ser citado os anos de 1997, 2001, 2006 e 2010. Para finalizar a análise sobre o comportamento dos dados, verificou-se em meio a alternância entre valores maiores e menores, a ascensão dos valores ao longo do tempo, com o início a partir de 2002 de anos com valores acima ou igual de 2 eventos. Ademais, notou-se um crescimento de acordo com o passar dos anos da constância de anos com valores maior e/ou igual a 2 eventos.

Ao ser apontado os eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, primeiramente é importante acentuar acerca de média e do total obtido a partir dos dados. A média anual obtida através dos cálculos foi de 0,4 eventos, ao passo que a somatória total constatada foi de 11 eventos. Frisa-se como o ano com maior quantidade de eventos, o ano de 2005 com o total de 3 eventos. Entretanto, uma grande variedade de anos não dispôs de nenhum único evento

maiores ou iguais a 50 mm, como os anos de 1994, 1998, 2004 e 2016. O comportamento dos valores em geral não exprimiu um padrão de ascensão ou declínio, devido a pouca ocorrência ao longo dos anos e acontecimentos de eventos extremos entre os anos temporalmente dispersos.

Com relação aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, presencia-se a média de 0,03 eventos por ano, marcado ainda pela somatória de apenas 1 evento ao longo do espaço temporal estudado. O único ano com ocorrência de eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 70 mm foi 2013. Tendo em vista que quase todos os anos não apresentaram nenhuma ocorrência, a análise geral dos valores é dificultada e desse modo não é possível evidenciar qualquer comportamento padrão no gráfico.

Gráfico 22 - Total em agosto de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

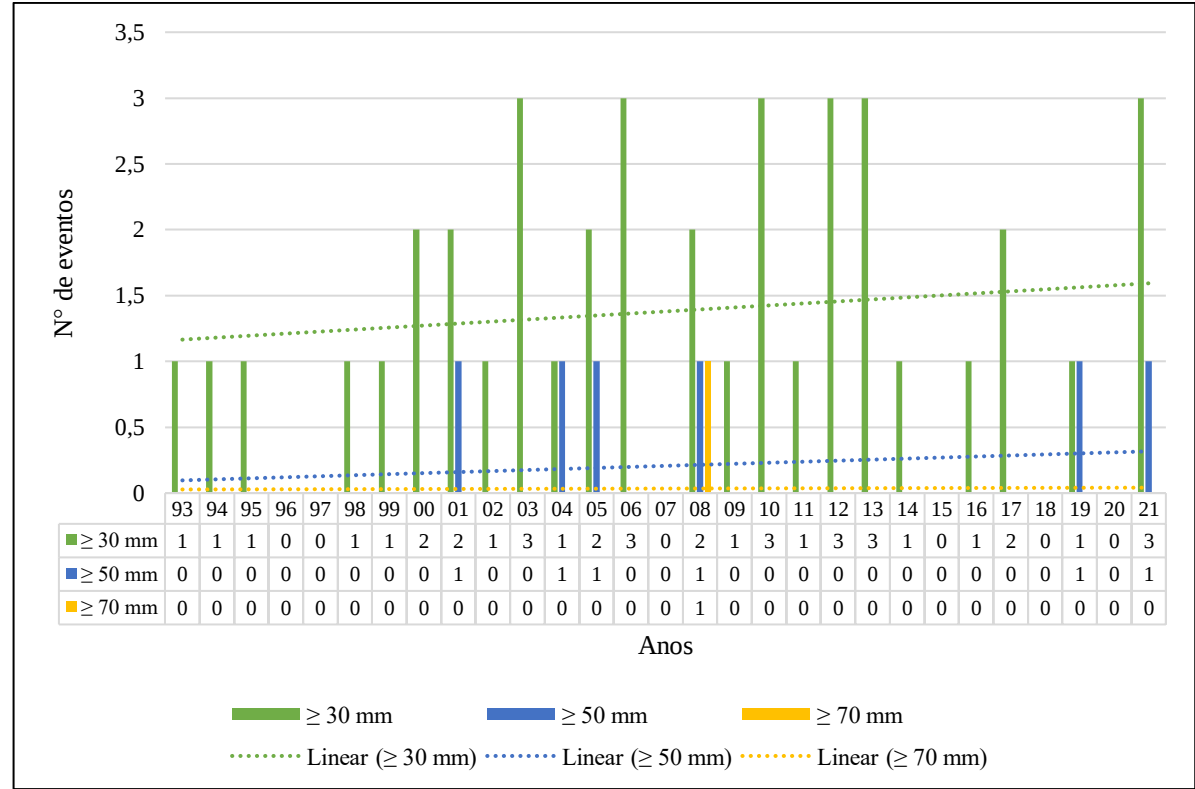
O gráfico 23 demonstra os eventos extremos de precipitação ocorridos no mês de setembro em São Gabriel da Cachoeira de 1993 a 2021. Nestes respectivos anos, constatou-se um total de 83 eventos maiores ou iguais a 30 mm, baseado em uma média de 1,4 eventos em setembro de cada ano. O máximo de frequência de eventos no mês de setembro ocorreu no ano de 2003, 2006, 2010, 2012, 2013 e 2021 com o número de 3 eventos, enquanto que a mínima frequência de eventos sucedeu nos anos de 1996, 1997, 2007, 2015, 2018, 2020, anos que não apresentaram nenhum evento maior ou igual a 30 mm. Observa-se por meio do gráfico que

estes eventos tiveram um aumento a partir do ano 2000, que mantiveram o predomínio de 2 ou mais frequências de eventos por ano.

No que diz respeito aos eventos maiores ou iguais a 50 mm, ao ser realizado a análise dos dados verificou-se uma somatória total de 6 eventos, marcado pela média de 0,2 eventos a cada ano. Perante da sequência de valores elencadas aos meses de junho, nota-se que o máximo de número de eventos ocorre em 3 respectivos anos de modo disperso, 2001, 2004, 2005, 2008, 2019 e 2021, com o total anual de 1 evento. Em oposição, a frequência mínima de eventos no mês de janeiro ocorreu em 23 distintos anos, que acabaram por não contar com nenhuma ocorrência, como exemplo dos anos de 1993, 2007 e 2015. De modo geral, sobre análise do comportamento do gráfico, verifica-se em meio a uma grande quantidade de anos com valores nulos, um leve aumento dos valores, com o início das ocorrências logo no início do século XXI.

No que se refere aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, atesta-se no município uma média de 0,03 eventos, sendo também constatado uma somatória total de 1 evento. O único ano com a ocorrência de eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm foi 2008. Ao ser empreendido uma análise geral dos dados específicos deste tipo de evento, não foi possível observar um padrão no comportamento do gráfico de eventos maiores ou iguais a 70 mm, posto que praticamente todos os anos apresentaram valores nulos.

Gráfico 23 - Total em setembro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



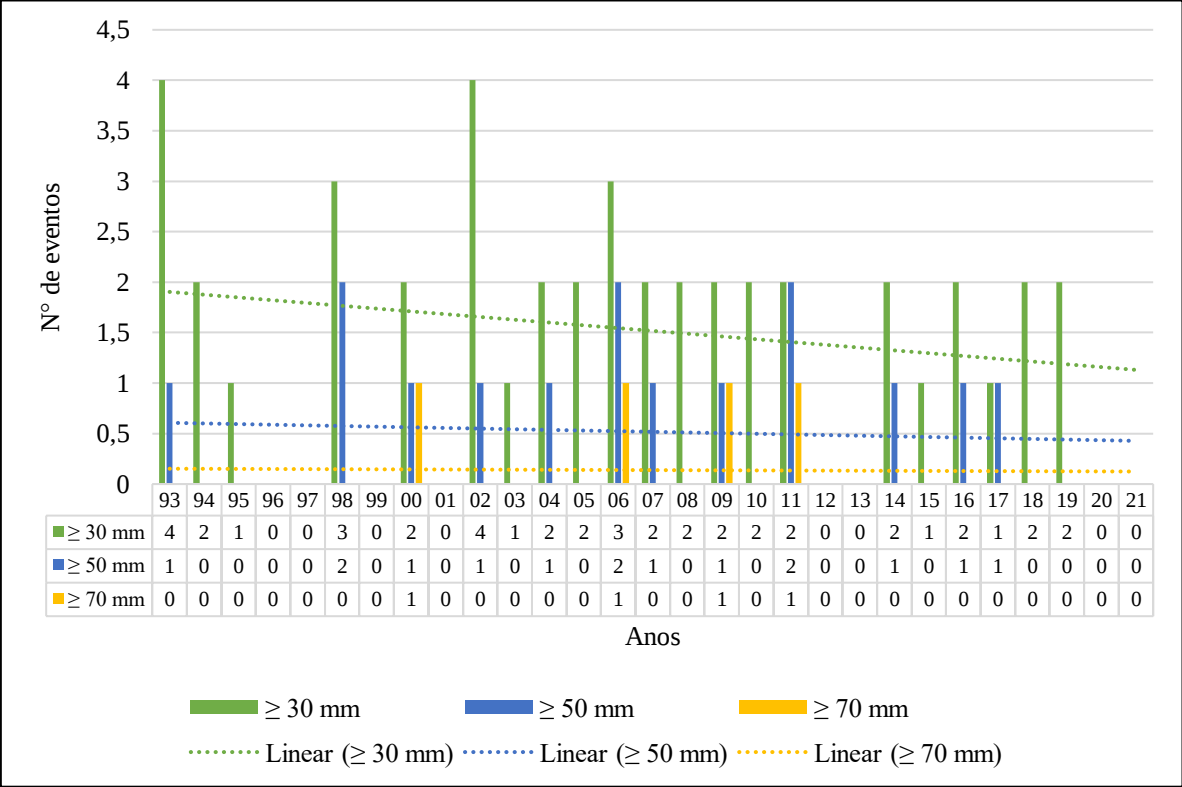
Fonte: INMET, 2024.

O gráfico 24 apresenta o total em outubro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira entre 1993 a 2021. No que compreende os eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm, a princípio é importante atentar para a média e a somatória total perceptível nos dados de outubro, mês marcado pela média de 1,5 eventos por ano, caracterizado ainda por um total de 44 eventos ao longo do período de estudo. Enfatiza-se durante este intervalo temporal os valores de ocorrências mais elevados nos anos de 1993 e 2002, que alcançaram o número de 4 eventos. A quantidade mínima de ocorrência por ano aconteceu em 8 respectivos anos, 1996, 1997, 1999, 2001, 2012, 2013, 2020 e 2021, anos que não constataram nenhum evento anual. Ao ser analisado a variação geral dos valores dos eventos maiores ou iguais a 30 mm, pode-se observar o declínio dos valores a longo prazo, tendo destaque o intervalo temporal entre 2002 e 2011 com a média de variação entre 2 a 4 eventos. Ademais, antes de 2003 o gráfico dispõe da presença de anos com mais de 2 eventos, no entanto esses anos após de 2006 não se repetiram e mediados por valores nulos seguiram a regularidade de ocorrência de 2 eventos.

No que toca os eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, fica evidente com base nos dados que nos meses de outubro São Gabriel da Cachoeira registra uma média de 0,5 evento por ano e uma somatória total de 15 eventos. Dá-se destaque aos anos de 1998, 2006 e 2011, que se ressaltam com as maiores taxas de eventos, totalizando 2 ocorrências. Por sua vez, observa-se que o período de menor precipitação abrange 15 anos distintos, como exemplificado por 1996, 2003, 2012 e 2021, onde nenhuma ocorrência de evento anual foi registrada. Considerando a análise geral dos dados, apesar da oscilação dos valores, caracterizada por uma significativa variação tanto para valores menores quanto maiores, nota-se uma leve diminuição na frequência dos eventos anuais durante o mês de outubro.

Quanto aos eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 70 mm, registra-se uma média de 0,13 ocorrências em São Gabriel da Cachoeira, com uma somatória total de 4 eventos identificados. Os anos de 2000, 2006, 2009 e 2011 foram os períodos com maior número de eventos, cada um evidenciando 1 ocorrência por ano. Em sentido oposto, em 25 anos distintos, ocorreram as menores taxas de eventos, onde não foram constatadas quaisquer ocorrências anuais, como é o caso dos anos de 1993, 1999, 2005 e 2013. Após realizar uma análise abrangente dos dados referentes a esse tipo de evento, não foi possível identificar um padrão claro de aumento ou declínio dos valores ao longo do tempo, uma vez que houve um grande número de anos com valores nulos.

Gráfico 24 - Total em outubro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

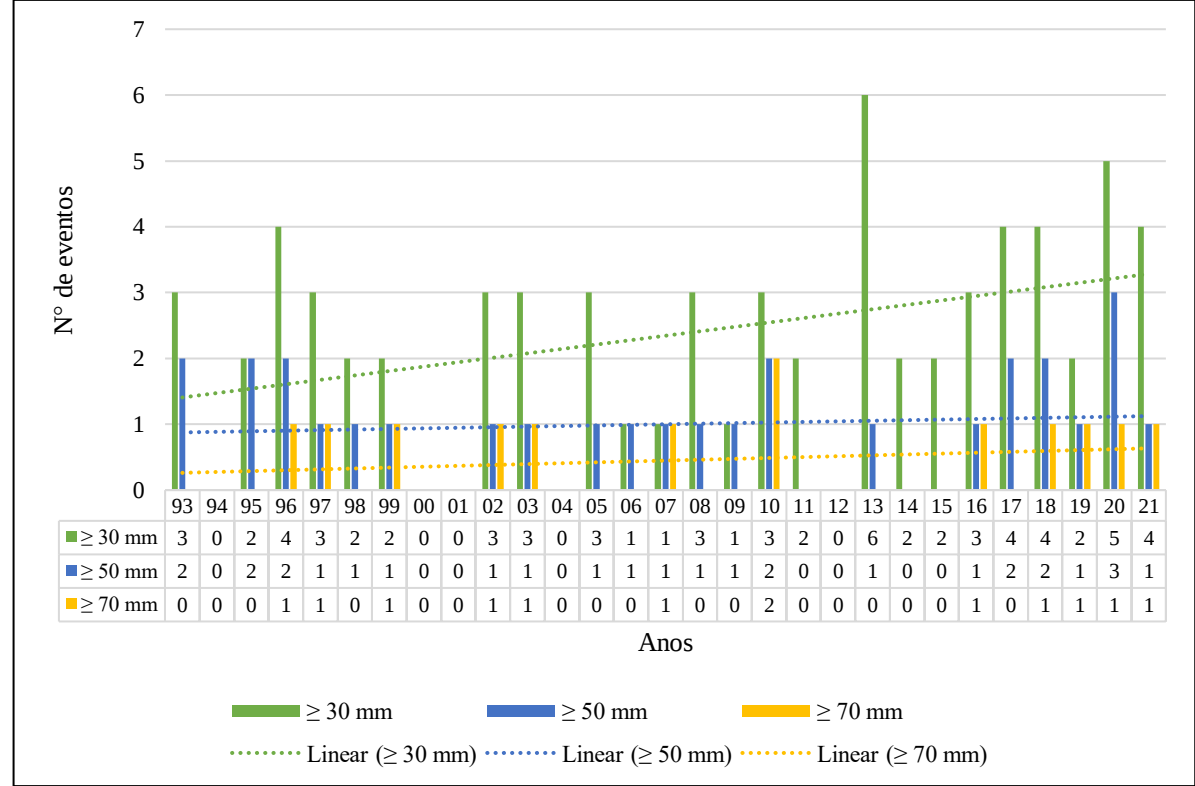
O gráfico 25 ilustra total em novembro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira entre 1993 a 2021. Quanto aos eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 30 mm, é possível observar uma média de 2,3 ocorrências por ano, tendo a soma total de 44 eventos durante todo o período de estudo. É importante destacar que, ao longo desse período, foram registrados os valores mais elevados de ocorrências no ano de 2013 com um total de 6 eventos por ano. A menor quantidade de ocorrências anuais foi registrada em cinco anos distintos: 1994, 2000, 2001, 2004 e 2012, com nenhum evento constatado nesse ano. Ao analisar a variação dos valores dos eventos maiores ou iguais a 30 mm ao longo dos anos, nota-se uma grande instabilidade nos números, mas também é possível observar uma tendência de aumento dos valores, sobretudo pelo fato da constante frequência anual acima de 3 eventos a partir do ano de 2013.

Observa-se, ao examinar os eventos de precipitação maiores ou iguais a 50 mm, que a média anual é de 1 evento anual, com o total de somatória de 29 eventos durante todo o período de estudo. Salienta-se entre os meses de julho, o ano de 2020, por apresentar o maior número de eventos, totalizando em 3 ocorrências. Porém, diversos anos podem ser considerados como aqueles com menor número de eventos, a exemplo de 1994, 2000, 2004 e 2015, nos quais não foi registrado nenhum evento durante esse período de tempo. Salienta-se de modo geral sobre

as informações contidas no gráfico, uma grande variação nos valores, com oscilações significativas de subida e descida dos números, contabilização de anos com ocorrência separados por anos com valores nulos. Ademais, não foi possível constatar um padrão de aumento ou declínio dos valores ao longo do período temporal da pesquisa.

Quanto aos eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 70 mm, pode-se constatar uma média de 0,4 eventos por ano no município, sendo registrado 13 eventos ao longo de todo o período analisado. Ressalta-se o ano de 2010 como aquele que apresentou a maior quantidade de eventos, totalizando 2 ocorrências. No entanto, uma ampla diversidade de anos não apresentou nenhum evento único com precipitação maior ou igual a 70 mm, como nos anos de 1994, 1998, 2009 e 2017. Em meio presença de muitas ocorrências com valores nulos ao longo dos anos, bem como eventos extremos distribuídos em diferentes períodos temporais, a variação dos valores de forma geral demonstrou uma ligeira tendência de ascensão.

Gráfico 25 - Total em novembro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

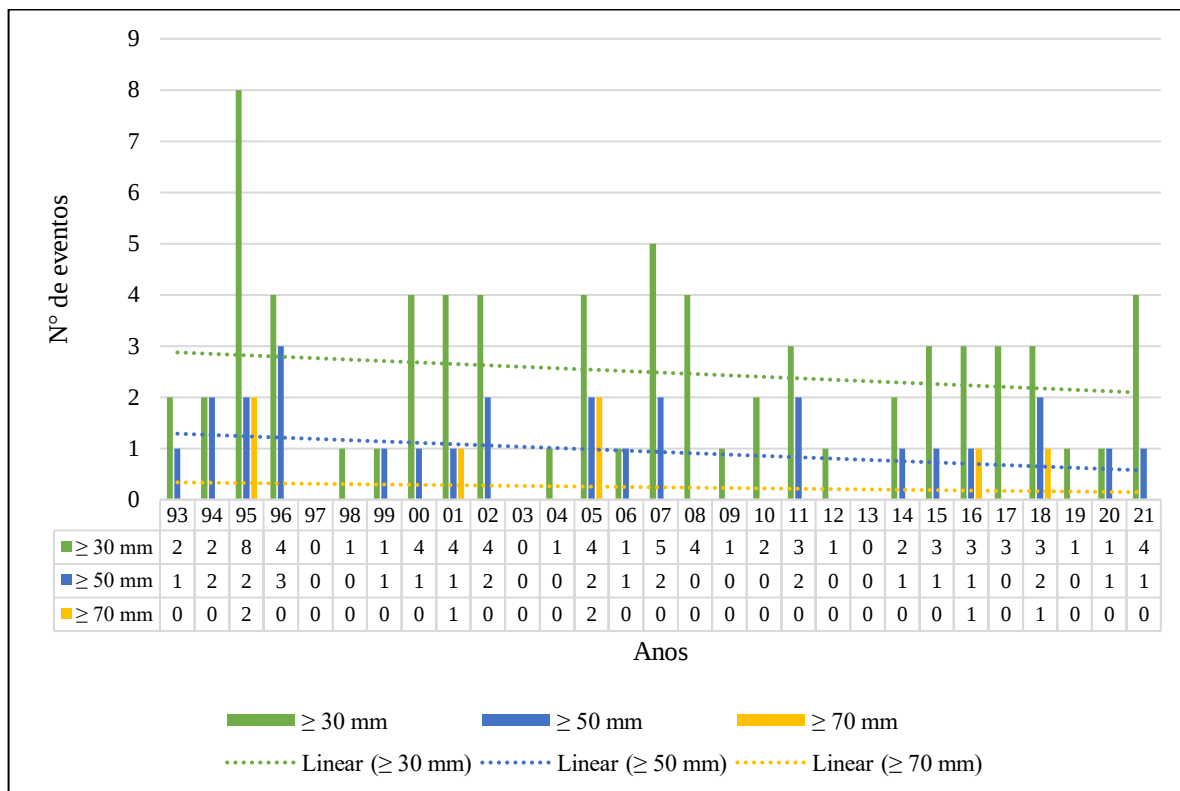
Em relação à quantidade total de eventos climáticos extremos de precipitação observados em São Gabriel da Cachoeira durante os meses de dezembro, no período de 1993 a 2021, como ilustrado no gráfico 26. Observa-se primeiramente em relação aos eventos extremos com valores de precipitação maiores ou iguais a 30 mm a média de 2,5 ocorrências e um total de 72 eventos ao longo do período analisado. Verifica-se que o ano de 1995 registra o maior

número de eventos extremos, somando um total de 8 ocorrências. No entanto, ao contrário do registro de ano com o número máximo de eventos, três anos distintos podem ser classificados como tendo os menores valores de eventos, visto que não foi registrado nenhum evento nesses períodos. Podem ser citados os anos de 1997, 2003 e 2013. Para concluir a análise dos dados, constatou-se uma variação entre valores mais elevados e mais baixos, com uma tendência de declínio dos valores ao longo do tempo. A partir de 2008, foi observado o término da alta constância de anos com valores acima de 3 eventos.

Ao analisar os eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, é relevante a ênfase inicial acerca da média e o total resultante dos dados. A média anual calculada foi de 0,9 eventos, enquanto a soma total registrada foi de 27 eventos. Dá-se realce ao ano de 1996 como o período com o maior número de eventos, totalizando 3 ocorrências. Entretanto, uma grande variedade de anos não dispôs de nenhum único evento acima de 50 mm, como os anos de 1997, 1998, 2004 e 2017. O comportamento dos valores em geral exprimiu um padrão de declínio, com o gráfico inicialmente apresentando valores variando com maior continuidade entre 2 e 3 eventos e ao final com a predominância maior de anos com 1 evento.

No que diz respeito aos eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 70 mm, pode-se verificar uma média de 0,2 eventos por ano no município, totalizando 7 eventos registrado durante o período analisado. Os anos de 1995 e 2005 podem ser descritos com os de maiores ocorrência, tendo cada um o total de 2 evento. Ao passo que múltiplos anos evidenciaram valores nulos de ocorrências como exemplo de 1993, 2000, 2009 e 2017. Ao realizar uma análise abrangente dos dados específicos desse tipo de evento, não foi identificado um padrão claro no comportamento do gráfico de eventos com precipitação maiores ou iguais a 70 mm, pois a maioria dos anos apresentou valores zerados.

Gráfico 26 - Total em dezembro de eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

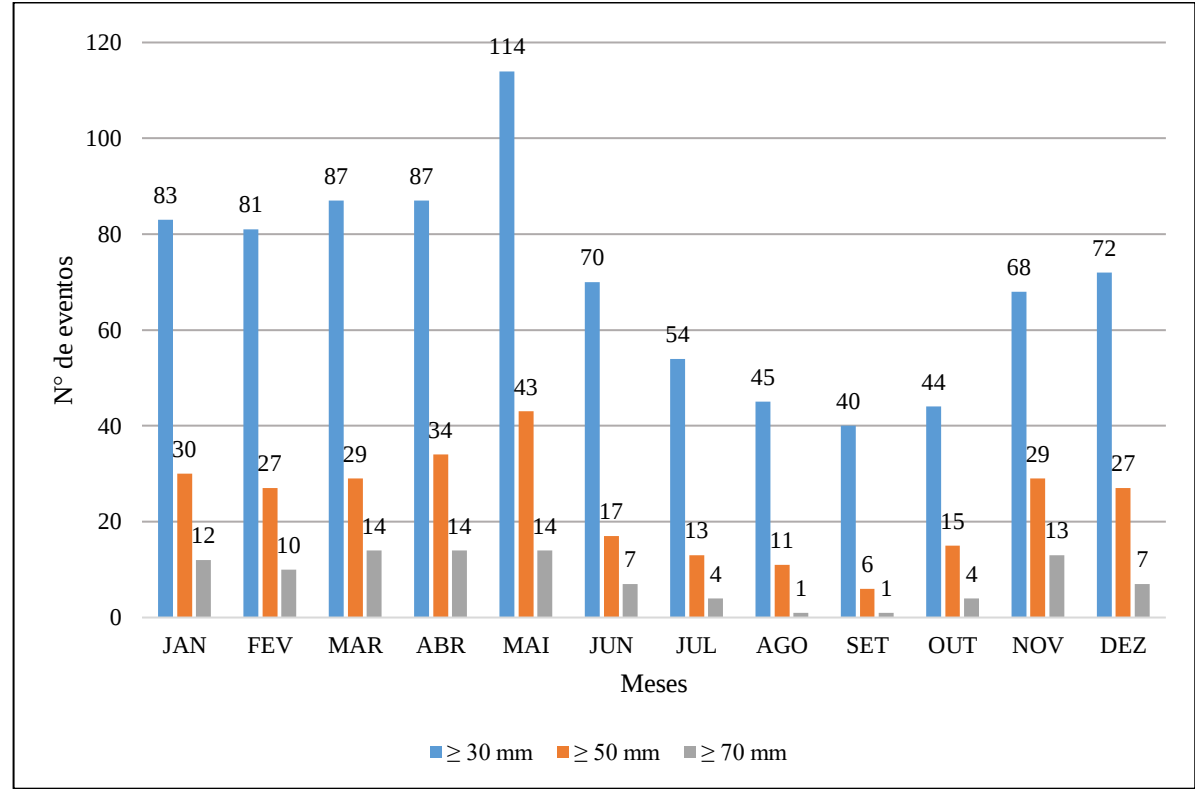
Após a análise detalhada e específica sobre cada mês, o gráfico 27 demonstra o comportamento dos dados de acordo a somatória total dos meses resultado dos eventos ocorridos de 1993 a 2021. A respeito dos eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 30 mm, verifica-se a média de 70,4 eventos mensais, combinado com um total de 845 eventos, sendo maio o mês com maior número de eventos correspondentes a 114 eventos. Em contraste, no mês de setembro ocorreu o menor número de eventos extremos, com a quantidade de 40 eventos. Mediante a análise geral da dinâmica de valores dos eventos durante os meses, constata-se o período de novembro a junho com os meses com maiores valores, apesar da grande diferença de amplitude com o mês de maio que apresentou um valor completamente mais acima do padrão. Sendo assim, os meses com menor ocorrência de eventos sucede de julho a outubro.

No que diz respeito aos eventos maiores ou iguais a 50 mm, inicialmente, é relevante ressaltar a média e o somatório obtidos a partir dos dados. A média anual observada foi de 23,4 eventos, enquanto o total acumulado é de 281 eventos ao longo de todo o período analisado. Enfatiza-se como o mês de maior quantidade de eventos, o mês de maio com o total de 43 eventos. Entretanto, frisa-se como mês de menor valor, o mês setembro com o valor mínimo de 6 eventos. De modo geral, o intervalo temporal com maiores valores de eventos se desenvolve

de novembro a maio, enquanto que o período com menores ocorrências se apresentam de junho a outubro.

No que concerne os eventos maiores ou iguais a 70 mm, foi possível atestar através dos dados a média mensal de 8,4 eventos e a somatória total de 101 eventos. Destacam-se em meio ao total de eventos os meses de março, abril e maio que possuem 14 eventos, sendo assim os meses com maiores valores. Por outro lado, os meses com menores valores estão associados com os meses de agosto e setembro, que constatarem apenas 1 evento. Ademais, percebe-se no gráfico sobre estes eventos que o período com maior número de eventos predomina no mês de novembro e de janeiro a maio, ao passo que o intervalo com menores ocorrências sucedem de julho a outubro e de forma isolada no mês de dezembro.

Gráfico 27 - Somatória mensal dos eventos extremos de precipitação em São Gabriel da Cachoeira (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

Ao realizar a comparação entre os dados de eventos extremos de precipitação mensais e o comportamento das taxas de precipitação ao longo do ano no município de São Gabriel da Cachoeira, verifica-se primeiramente no que se refere aos eventos maiores ou iguais a 30 mm, que o período com maior número de eventos está inserido dentro do período mais chuvoso da estação, tendo uma pequena diferença pelo fato do mês de julho não ser engendrado como um mês dentro do período de maiores valores de eventos. Da mesma forma, os meses com o menor número de eventos estão correlacionados com o período de menor precipitação, com exceção

do mês de julho. O mês com maior e menor número de eventos extremos também ocorrem nos mesmos meses de maior e menor média de precipitação, sendo estes maio e setembro respectivamente.

A respeito dos eventos maiores ou iguais a 50 mm, nota-se que o período com maior e menor número de eventos também se desenvolvem de acordo com intervalo temporal de maior e menor taxa de precipitação. A diferença que se apresenta diz respeito ao fato do mês de junho e julho está inserido dentro dos meses com menor quantidade de eventos, mas por outro lado fazerem parte do período mensal com maior pluviosidade. Assim como no cenário do tipo de evento anterior, os meses com maior e menor taxa de eventos extremos correspondem também aos meses de maior e menor média de precipitação, sendo respectivamente maio e setembro.

No que toca os eventos maiores ou iguais a 70 mm, identifica-se que o período com maior número de eventos aconteceu de janeiro a maio somado ainda de modo específico ao mês de novembro. Nesse sentido, verifica-se que os meses de janeiro a maio, em conjunto com o mês de novembro estão correlacionados ao período de maior média mensal de chuva. Os meses com menor total de eventos que correspondem ao intervalo de junho a outubro e ao mês de dezembro, correspondem de forma temporal parcialmente aos meses de menor média mensal, tendo em vista que junho, julho e dezembro estão inseridos nos meses de maior média de precipitação. Constata-se que os meses que possuem o maior total de eventos são março, abril e maio, com o total de 14 eventos, tendo certa correlação com a dinâmica mensal de precipitação, que evidenciou o mês de maio com maior média. No gráfico o mês com menor número de eventos foi agosto e setembro, que contabilizaram apenas 1 evento. Da mesma maneira, verifica-se que o mês com menor média de chuva foi também o mês de setembro, tendo assim a pequena distinção entre os gráficos por conta do mês de agosto.

Com o propósito de otimizar a compreensão dos dados discutidos anteriormente, o Quadro 4 abaixo resume as informações pertinentes à dinâmica de eventos extremos de precipitação mensal em São Gabriel da Cachoeira/AM.

Quadro 4 - Síntese dos dados (Eventos extremos de precipitação mensal em São Gabriel da Cachoeira/AM)

Informações	≥ 30 mm	≥ 50 mm	≥ 70 mm
Média de eventos	70,4	23,4	8,4
Total de eventos	845	281	101
Mês com maior número de eventos	Maio com 114 eventos	Maio com 43 eventos	Março, abril e maio com 14 eventos

Mês com menor número de eventos	Setembro com 40 eventos	Setembro com 6 eventos	Agosto e setembro com 1 evento
Período com maior número de eventos	Novembro a junho	Novembro a maio	Janeiro a maio; Novembro
Período com menor número de eventos	Julho a outubro	Junho a outubro	Junho a outubro; Dezembro

Fonte: CRAMER, 2024.

4.3.4 Totais de eventos extremos de precipitação mensais em Monte Alegre/PA

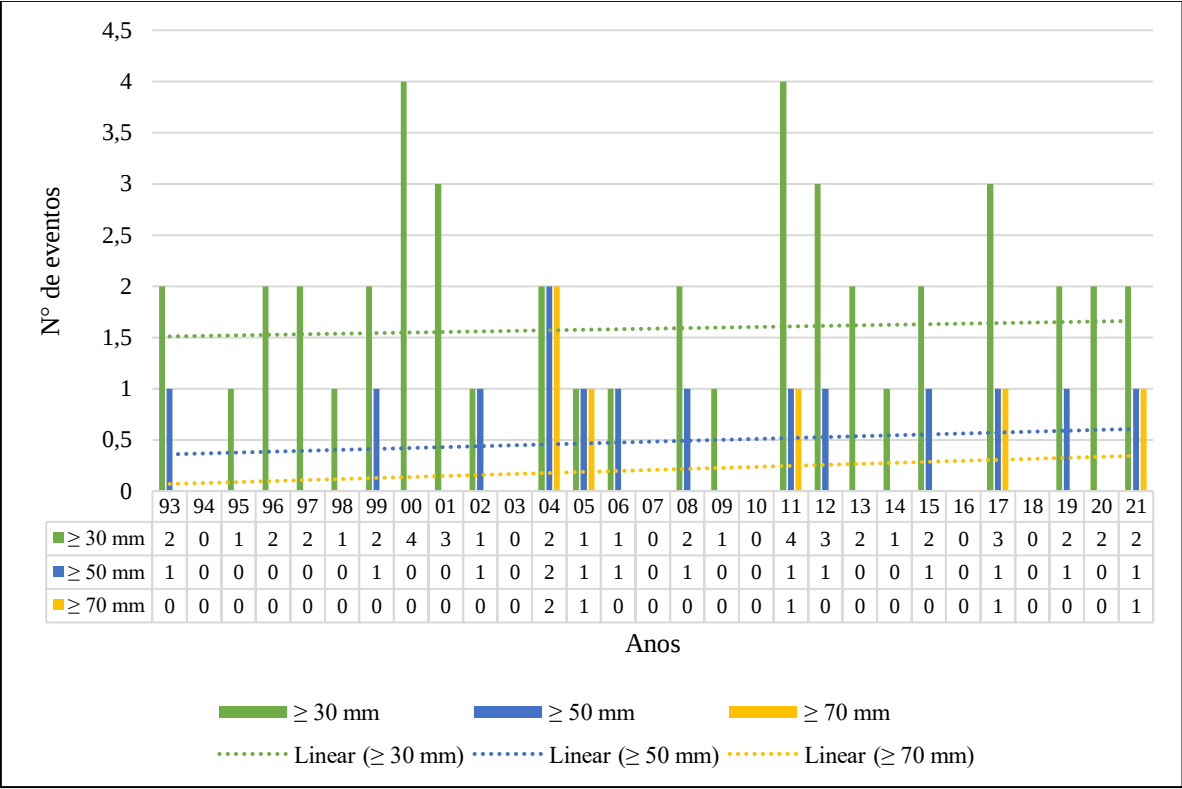
O gráfico 28 demonstra os eventos extremos de precipitação ocorridos no mês de janeiro em Monte Alegre de 1993 a 2021. Neste mês constatou-se um total de 46 eventos maiores ou iguais a 30 mm, baseado em uma média de 1,6 eventos em janeiro de cada ano. O máximo de frequência de eventos no mês de janeiro ocorreu nos anos de 2000 e 2011, com o total de 4 eventos, enquanto que a mínima frequência de eventos sucedeu nos anos de 1994, 2003, 2007, 2010, 2016 e 2018 anos que não apresentaram nenhum evento maior ou igual a 30 mm. Constata-se através dos dados gerais do gráfico que estes eventos tiveram um leve aumento a partir do ano 2000, que evidenciaram o predomínio de 3 eventos ou mais frequências de eventos por ano no mês de janeiro, mesmo com a alternância entre a subida e a descida dos valores.

No que respeita os eventos maiores ou iguais a 50 mm, nota-se a média de 0,5 eventos por ano, marcado por uma somatória total de 14 eventos. Entre os sucessivos meses de janeiro, o mês do ano de 2004 constitui-se como o de maior número de eventos, sendo 2 frequências. Contudo, sobre o ano com menor número de eventos, percebe-se a existência de 16 distintos anos que não constataram nenhum único evento nesse intervalo temporal, como exemplo dos anos 1994, 1998, 2007 e 2020. Salienta-se de maneira geral sobre os dados presentes no gráfico uma ascensão sutil dos valores, onde os anos sem ocorrências de eventos prevaleceram em maior quantidade antes do ano de 2001.

No que concerne aos eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 70 mm, constata-se uma média de 0,2 ocorrências em Monte Alegre, com um total acumulado de 6 eventos identificados. O mês de janeiro do ano de 2004 foi o período com maior número de evento, sendo evidenciado o total de 2 ocorrências. De maneira oposta, em 24 anos ocorreram apenas valores nulos de eventos, dispersos por todo o intervalo temporal, como exemplo de 1996, 2002, 2012, 2019. demais, verifica-se no comportamento do gráfico a longo prazo uma ascensão dos números de eventos, sendo possível constatar o início das ocorrências no ano de

2004, embora a partir deste ano os valores estejam caracterizados por uma alta flutuação com a subida e descida.

Gráfico 28 - Total em janeiro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

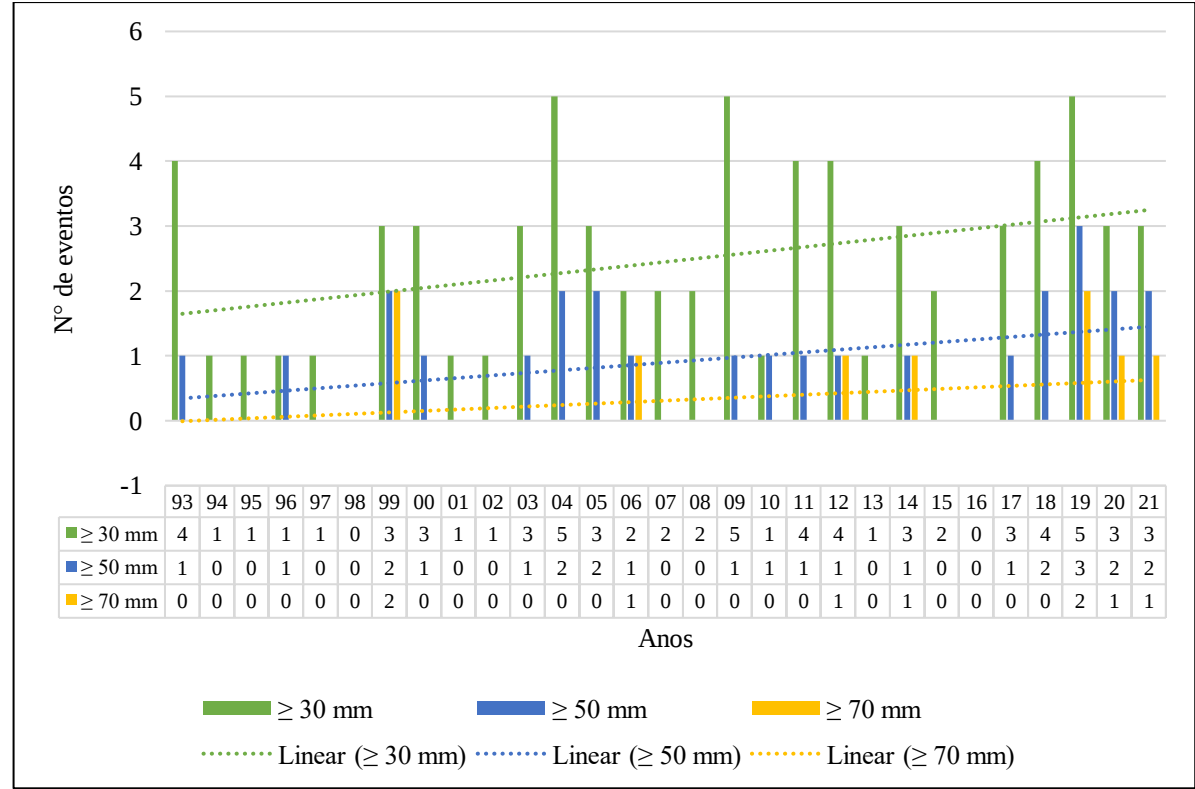
Observa-se no gráfico 29 as informações sobre os eventos extremos de precipitação ocorridos no mês de fevereiro em Monte Alegre de 1993 a 2021. Ao examinar os eventos com precipitação maiores ou iguais a 30 mm, através da análise dos dados, foi possível identificar um total de 71 eventos, com uma média de 2,4 eventos por ano. Ao ser averiguado a sequência temporal de valores nos meses de fevereiro, pode-se constatar que o maior número de eventos aconteceu em três anos específicos, de forma dispersa: 2004, 2009 e 2019, totalizando 5 eventos anuais em cada um desses anos. Por outro lado, é importante destacar que a menor frequência de eventos no mês de fevereiro foi registrada em dois anos diferentes, 1998 e 2016, nos quais não houve nenhuma ocorrência desse tipo de evento. Considerando a análise geral dos valores, percebe-se um padrão de crescimento, destacando-se as ocorrências a partir de 1999, quando houve uma maior frequência de anos com valores acima de 2 eventos.

Com relação aos eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, pode-se observar uma média de 0,9 eventos por ano, com um total de 26 eventos identificados no município. O ano de 2019 se ressaltou com o maior número de eventos extremos, totalizando 3 ocorrências. Verifica-se que 11 distintos anos evidenciaram as menores taxas de eventos, sem nenhuma

ocorrência anual registrada, como nos anos de 1994, 1995, 2001 e 2013. Ao realizar uma análise abrangente dos dados específicos desses eventos, notou-se uma tendência de aumento no comportamento do gráfico de eventos maiores ou iguais a 50 mm, apesar da presença de valores nulos e da variação significativa dos dados.

Quanto aos dados referentes aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm na estação de Monte Alegre, é fundamental enfatizar que foi observada uma média de 0,3 eventos por ano e um total de 9 eventos ao longo do período de estudo. É possível perceber que os anos de 1999 e 2019 enfatizam-se como aqueles com o maior número de eventos em São Gabriel, cada um registrando 2 ocorrências. Por outro lado, mais de 15 anos apresentaram o menor valor anual, não contabilizando nenhum evento anual, incluindo os anos de 1993, 1997, 2005 e 2011, entre outros. Além disso, acerca da variação geral dos valores de eventos extremos acima de 70 mm, em Monte Alegre observou-se um crescimento sutil dos valores, tendo destaque o intervalo temporal posterior a 1999 com o início de anos contendo valores não nulos.

Gráfico 29 - Total em fevereiro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

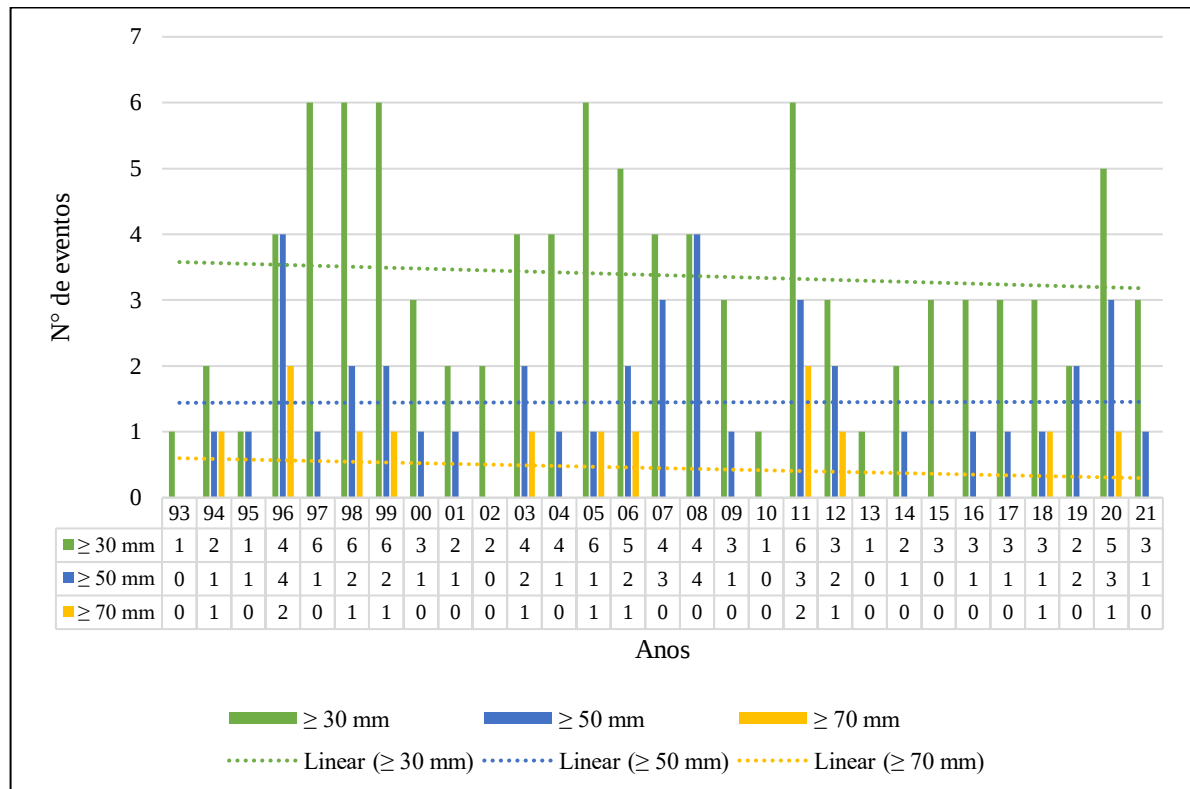
O gráfico 30 apresenta o total dos eventos extremos de precipitação ocorridos no mês de março em Monte Alegre durante o intervalo temporal compreendido entre os anos de 1993 a 2021. Ao se tratar dos eventos com precipitação maiores ou iguais a 30 mm, observa-se uma média de 3,4 eventos por ano, totalizando 98 eventos ao longo de todo o período analisado. Os

anos de 1997, 1998, 1999, 2005 e 2011 se destacam com o maior número de eventos extremos, alcançando um total de 6 ocorrências cada. Em contraposição, é válido destacar que em 4 anos distintos (1993, 1995, 2010, 2013) o registro de eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm foi o menor, contabilizando apenas 1 ocorrência anual em cada um desses anos. Ao analisar a variação dos valores dos eventos extremos ao longo do período de estudo, não se observa um padrão claro de aumento ou diminuição dos índices de eventos maiores ou iguais a 30 mm. No entanto, é importante destacar que entre os anos de 1997 e 2011, a frequência anual permaneceu relativamente constante, com 4 ou mais eventos registrados, apesar das flutuações significativas nos valores para cima ou para baixo.

Considerando os dados obtidos, observa-se que a média de eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm é de 1,4 por ano, com um total de 42 eventos ao longo de todo o período analisado. Além disso, identificou-se que os anos de 1996 e 2018 apresentaram a maior taxa de ocorrência anual de eventos, totalizando 4 eventos em cada um. Por outro lado, os anos de 1993, 2002, 2010, 2013 e 2015 foram caracterizados por ter a menor taxa de precipitação, sem nenhum evento extremo registrado. Dentro desse cenário, a análise dos valores dos anos revelou uma significativa variação, não permitindo a identificação de um padrão claro de aumento ou diminuição na ocorrência de eventos. No entanto, é importante destacar que o período entre 1996 e 2012 mostrou maior consistência, com frequência anual acima de 1 evento em diversos anos.

Em continuação, no que tange os eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, constata-se inicialmente a média de 0,4 eventos e a somatória geral de 13 eventos. Em Monte Alegre, os anos de 1996 e 2011 foram os que apresentaram o maior número de eventos, contabilizando 2 eventos em cada um deles. No período analisado no gráfico, mais de 17 anos apresentaram os menores valores de eventos, marcados pela ausência completa de ocorrências, como exemplificado pelos anos de 1997, 2000, 2004 e 2014. Ao analisar a dinâmica do gráfico, é perceptível uma tendência de queda nos valores dos eventos ao longo do tempo. Destaca-se o período entre 1994 e 2012, no qual ocorreu uma maior frequência e continuidade de anos com ocorrências registradas. No entanto, após esse intervalo, observou-se um aumento significativo no número de anos com valores nulos, ou seja, sem eventos registrados.

Gráfico 30 - Total em março de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

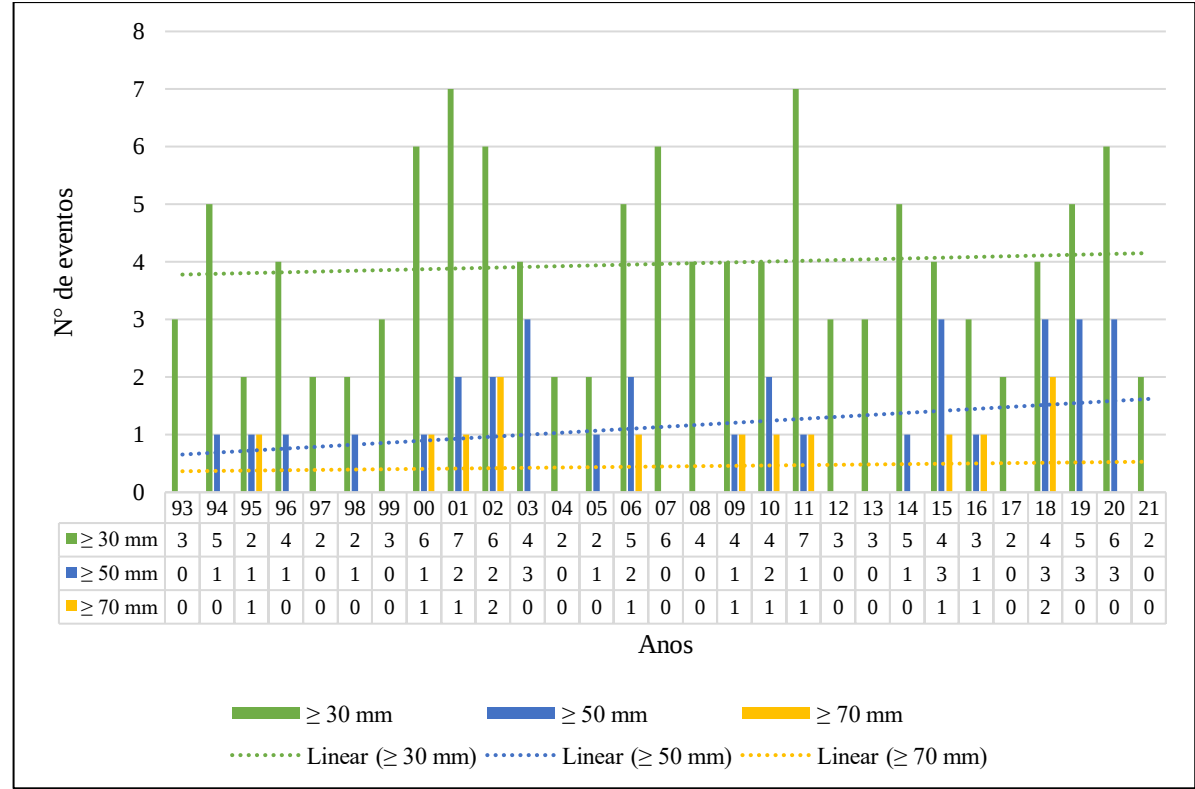
O gráfico 31 exibe a quantidade total de eventos extremos de precipitação ocorridos em Monte Alegre durante o período de 1993 a 2021 no mês de abril. Ao analisar os eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 30 mm, percebe-se que, em média, ocorrem 3,9 eventos por ano, totalizando 115 eventos ao longo do período de estudo. Frisa-se que durante esse período, os anos de 2001 e 2011 registraram o maior número de eventos extremos, chegando a 7 ocorrências por ano. Em contrapartida, sete anos diferentes apresentaram a menor quantidade de ocorrências anuais, com apenas um evento cada: 1995, 1997, 1998, 2004, 2005, 2017 e 2021. Após analisar a variação dos valores dos eventos maiores ou iguais a 30 mm ao longo dos anos, nota-se uma significativa flutuação dos valores, com uma leve tendência de aumento no gráfico.

Ao ser efetuado a compreensão do gráfico de eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 50 mm, verifica-se que a cidade de Monte Alegre registra uma média de 1,1 evento por ano, com um total de 33 eventos ao longo do período estudado. Destaca-se os anos de 2003, 2015, 2018, 2019 e 2020 como aqueles com as maiores frequências de eventos, totalizando 3 ocorrências em cada um. Em outra perspectiva, sobre o cenário de ano com valor mínimo. Em contrapartida, ao analisar o gráfico, nota-se que em 10 anos distintos, como em 1993, 1997, 2004 e 2008, houve a menor ocorrência de precipitações, com nenhuma ocorrência

de eventos anuais. Ao se buscar a compreensão geral da variação dos dados, apesar da instabilidade dos valores com ampla variação entre menores e maiores, nota-se uma ligeira tendência ascendente na frequência dos eventos anuais durante o mês de abril, especialmente a partir de 2001. Nesse período, houve um aumento na quantidade de anos com valores acima de 1 evento.

No que se refere aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, atesta-se em Monte Alegre uma média de 0,4 eventos, sendo também evidenciado uma somatória total de 13 eventos. As maiores taxas de eventos ocorreram nos anos de 2002 e 2018 com os valores de 2 eventos por ano. Os menores índices de eventos ocorreram em 18 anos distintos, nos quais não foram registrados eventos anuais, exemplificados pelos anos de 1993, 2003, 2012 e 2014. Ao ser efetuado uma análise geral dos dados deste tipo de evento, não evidenciou um padrão de variação dos valores ao longo do tempo, posto que houve um grande número de anos caracterizados por valores nulos e anos com ocorrências de modo disperso temporalmente.

Gráfico 31 - Total em abril de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

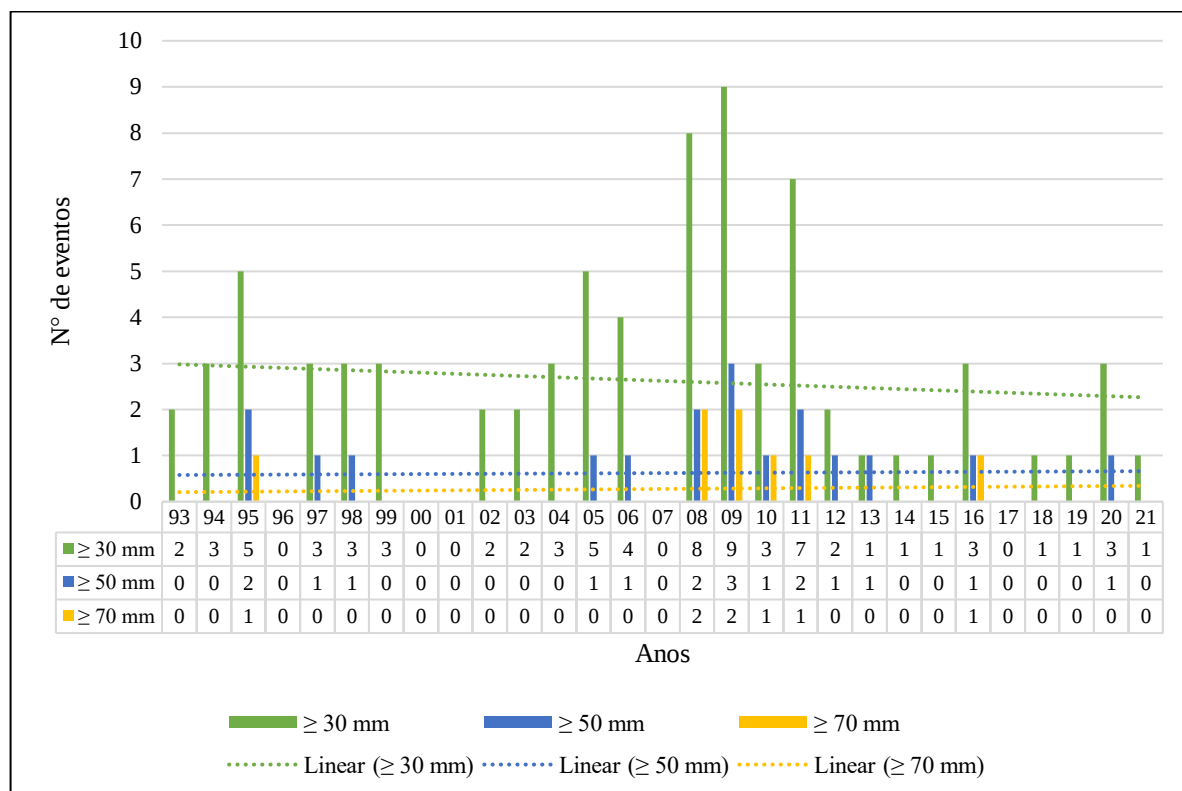
O gráfico 32 demonstra os eventos extremos de precipitação ocorridos nos respectivos meses de maio em Monte Alegre de 1993 a 2021. No que concerne aos eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 30 mm, foram identificados 76 eventos no total, com uma média de 2,6 eventos ocorrendo em maio a cada ano. O máximo de frequência de eventos no

mês de maio ocorreu no ano de 2009, com o total de 9 eventos, enquanto que a mínima frequência de eventos sucedeu nos anos de 1996, 2000, 2001, 2007 e 2017, onde não houve nenhum registro de eventos acima de 30 mm. Analisando o panorama geral do gráfico, é possível observar uma leve queda nos eventos a partir de 2011, com a predominância de anos em que apenas um evento foi registrado.

Em relação aos eventos com precipitação maiores ou iguais a 50 mm, constata-se uma média de 0,6 ocorrências por ano, marcado ainda pela somatória de 18 eventos ao longo do período analisado. Ao analisar os meses de janeiro de forma sequencial, destaca-se o ano de 2009 como aquele com o maior número de eventos, registrando um total de 3 ocorrências. Entretanto, é importante ressaltar que em 16 anos distintos não foi registrado nenhum evento, a exemplo de 1993, 2000, 2007 e 2019, sendo estes os anos com o menor número de ocorrências. De forma geral, os dados presentes no gráfico revelam a ausência de um padrão consistente nos valores, uma vez que há uma grande quantidade de anos sem ocorrências registradas, indicando a instabilidade das frequências ao longo do tempo.

Ao ser examinado os eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 70 mm em Monte Alegre, é possível constatar que a média anual de ocorrências é de 0,27, ao passo que a somatória total foi de 8 eventos identificados ao longo do período estudado. Durante o período temporal, foi observado que os anos de 2008 e 2009 destacaram-se por apresentarem o maior número de eventos, totalizando 2 ocorrências em cada um desses anos. De maneira oposta, em 23 anos ocorreram apenas valores nulos de eventos, dispersos por todo o intervalo temporal, como exemplo de 1996, 2006, 2012 e 2019. Ao analisar o comportamento do gráfico ao longo do tempo, não foi identificado um padrão claro de aumento ou diminuição no número de eventos. No entanto, destaca-se que houve uma maior regularidade de anos com ocorrências sem valores nulos no intervalo entre 2008 e 2011.

Gráfico 32 - Total em maio de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

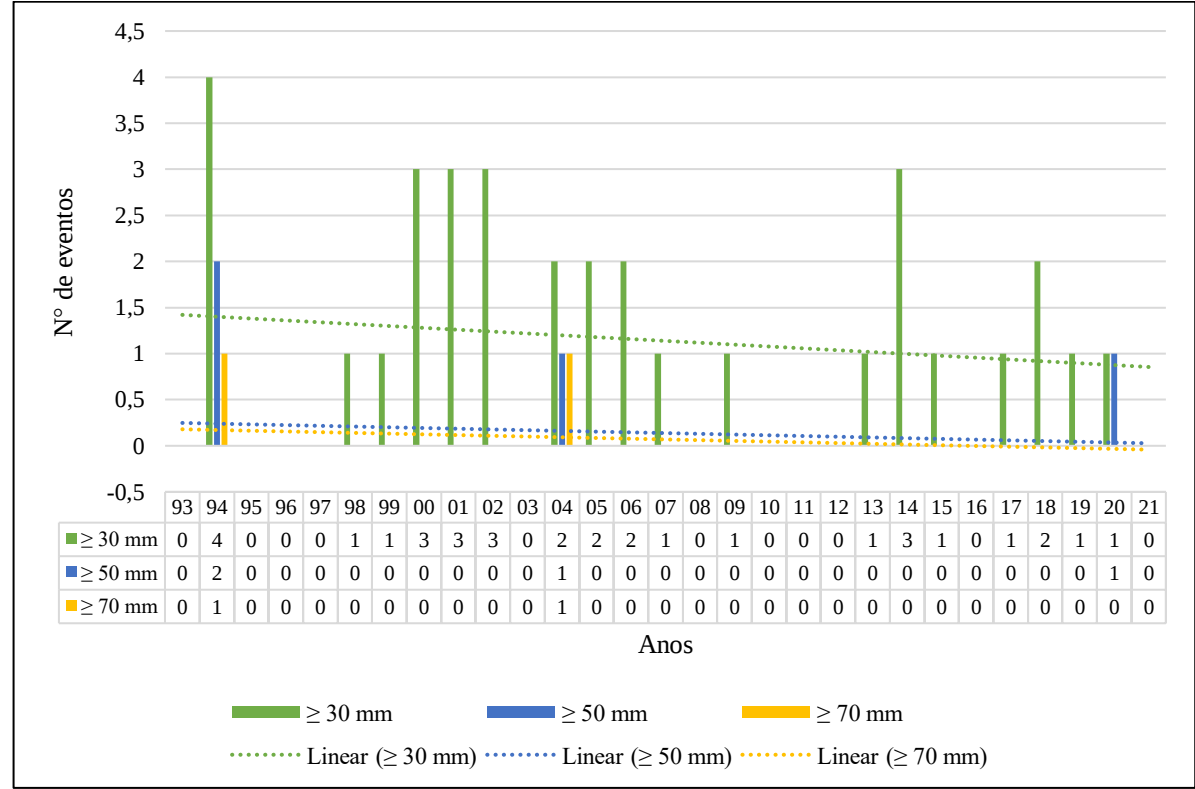
O gráfico 33 ilustra os eventos extremos de precipitação em São Monte Alegre nos respectivos meses de junho entre 1993 a 2021. Quanto aos eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 30 mm, percebe-se uma média de 1,1 ocorrências por ano, tendo a soma total de 33 eventos durante todo o período de estudo. É relevante ressaltar que durante esse período, o ano de 1994 apresentou os valores mais altos de ocorrências, totalizando 4 eventos. A menor quantidade de ocorrências anuais foi registrada em onze anos distintos, podendo ser citado 1993, 1995, 1996, 1997, 2003 e 2008, que não registraram nenhum evento. Ao examinar a flutuação dos valores dos eventos acima de 30 mm ao longo dos anos, fica evidente uma considerável instabilidade nos números. Entretanto, também é perceptível uma tendência de declínio nos valores, especialmente devido à frequente ocorrência anual de 1 evento ou mais antes do ano de 2006 e posteriormente a predominância de anos somente com 1 ocorrência.

Ao examinar os eventos de precipitação com valores maiores ou iguais a 50 mm, verifica-se que a média anual é de apenas 0,1 evento, totalizando 4 eventos ao longo de todo o período de análise. Salienta-se entre os meses de junho, o mês disposto no ano de 1994, por apresentar o maior número de eventos, contabilizando 2 ocorrências. No entanto, é relevante mencionar que 26 anos distintos podem ser considerados como aqueles com menor número de eventos, tais como 1996, 2000, 2006 e 2015, nos quais não foi registrado nenhum evento ao

longo desse período de tempo. Salienta-se de modo geral sobre as informações contidas no gráfico, que não foi possível constatar um padrão de aumento ou declínio dos valores ao longo do período temporal da pesquisa, marcado pela maioria de anos com valores nulos.

A respeito dos eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 70 mm, nota-se uma média de 0,06 ocorrências anuais no município, com um total de apenas 2 eventos registrados ao longo de todo o período analisado. Ressalta-se os anos de 1994 e 2004 como aqueles que apresentaram as únicas ocorrências de eventos, tendo apenas 1 ocorrência, ou seja, no restante dos 27 anos não se presenciou nenhum evento extremo. Ao analisar a existência de muitas ocorrências com valores nulos ao longo dos anos, juntamente com duas ocorrências anuais distribuídas em diferentes períodos temporais, nota-se que não foi possível estabelecer uma compreensão de um padrão de variação dos valores de forma geral.

Gráfico 33 - Total em junho de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

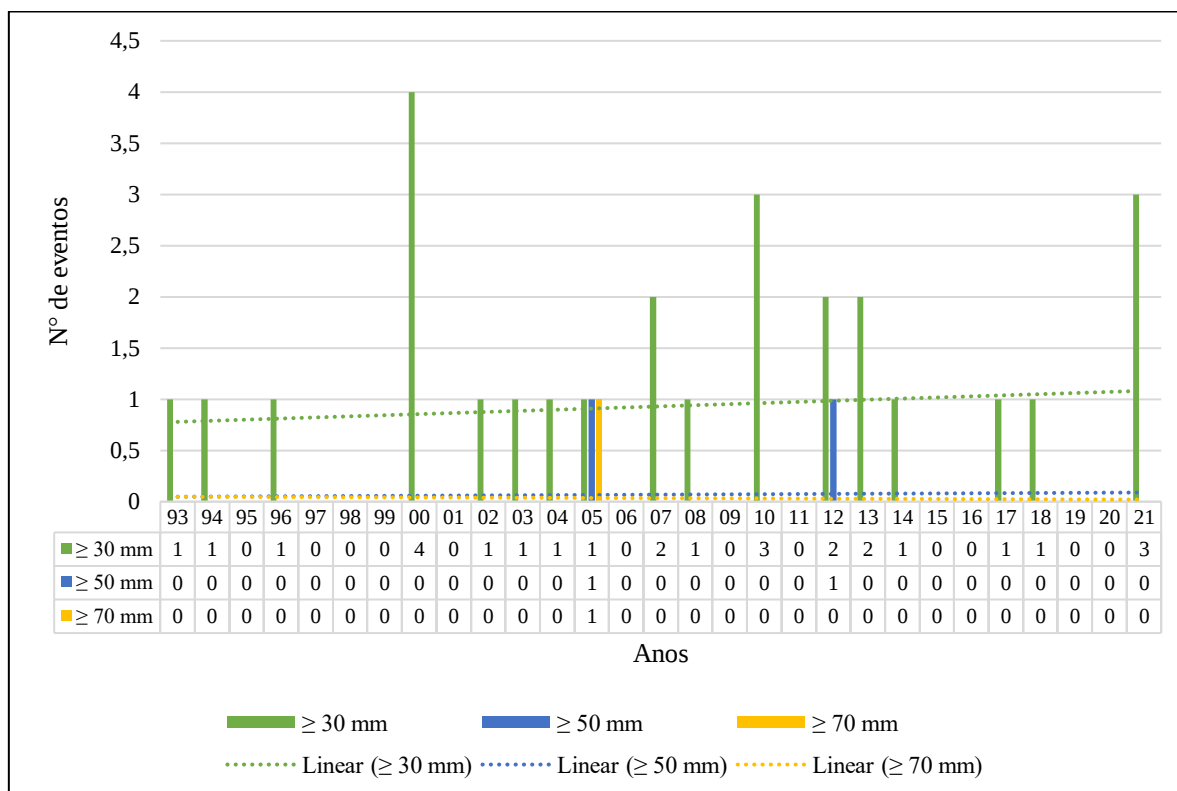
O gráfico 34 apresenta o total dos eventos extremos de precipitação ocorridos no mês de julho em Monte Alegre durante o intervalo temporal estabelecido entre os anos de 1993 a 2021. Por intermédio da análise dos dados dos eventos com precipitação maiores ou iguais a 30 mm, constata-se uma média de 0,9 eventos por ano, totalizando 27 ocorrências durante todo o período estudado. Um destaque significativo é atribuído ao ano de 2000, apresentando o maior número de eventos extremos, contabilizando 4 ocorrências. Por outro lado, vale mencionar que

em 12 anos diferentes, como 1995, 2006, 2009 e 2011, a quantidade de eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm foi a menor, não tendo sido registrada nenhuma ocorrência anual em cada um desses anos. Além disso, ao analisar a variação dos valores dos eventos extremos ao longo do período em questão, pode-se perceber uma leve tendência de aumento dos índices, principalmente a partir de 2000, quando se observou o início da frequência anual de ocorrências acima de 1 evento, além de uma boa consistência de anos sem valores nulos.

Com base nos dados coletados, verifica-se que a média anual de eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 50 mm é de 0,06, sendo contabilizado ainda o total de 2 eventos ao longo de todo o período analisado. Ademais, identificou-se que os anos de 2005 e 2012 foram os únicos que apresentaram taxas de ocorrência de eventos, dispondo de 1 evento cada nesses respectivos meses de julho. Nesse contexto, a análise dos valores dos anos revelou somente duas quantidades de anos com ocorrências, o que não permite identificar um padrão claro de aumento ou diminuição na ocorrência de eventos ao longo do tempo.

Continuando, com relação aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, verifica-se inicialmente a média de 0,03 eventos por ano e um total de 1 evento ao longo do período analisado. Em Monte Alegre, o ano de 2005 foi o único no qual foram registrados eventos não nulos. Dessa forma, considerando que em 27 anos não foram identificadas ocorrências, não foi possível detectar um padrão de variação no gráfico.

Gráfico 34 - Total em julho de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



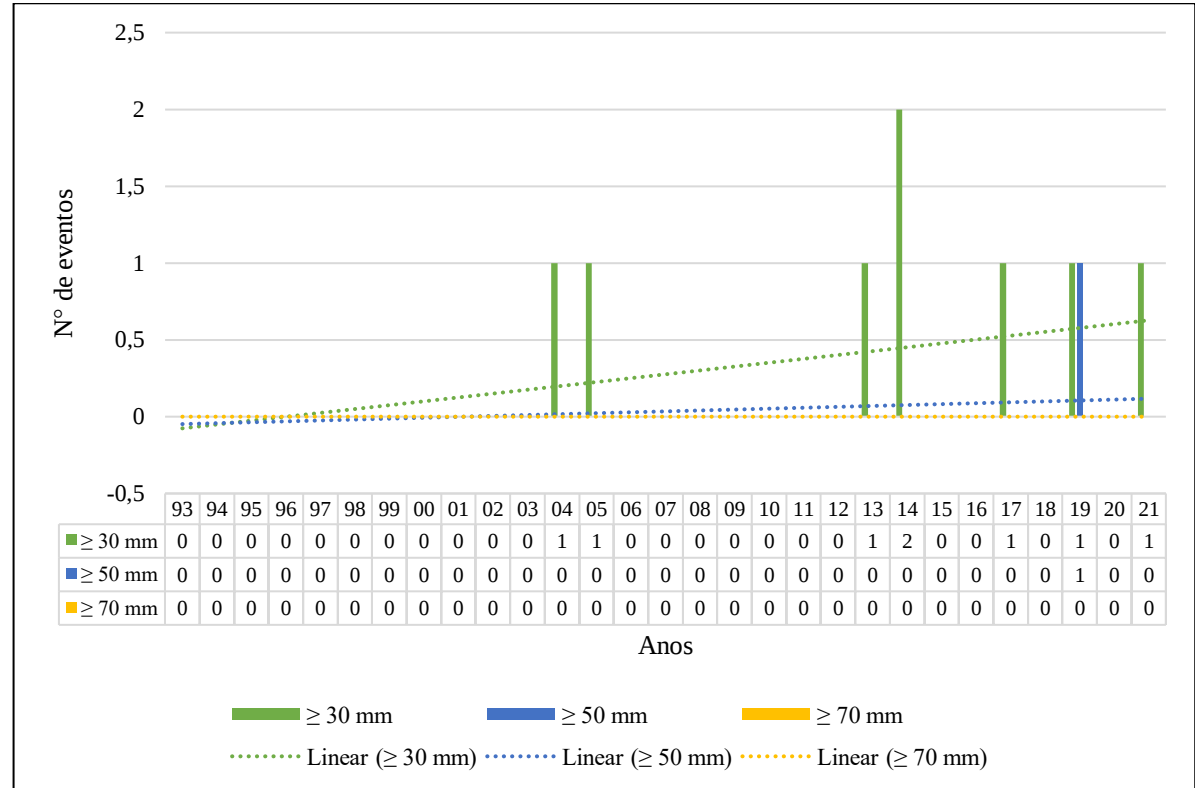
Fonte: INMET, 2024.

O gráfico 35 retrata acerca das ocorrências de eventos extremos de precipitação nos respectivos meses de agosto no município de Monte Alegre entre os anos de 1993 a 2021. Com relação aos eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm, foi observada uma média de 0,27 ocorrências por ano, totalizando 8 eventos ao longo do período analisado. O ano com o maior número de eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm é 2014, representando o maior contribuinte para o total, com 2 ocorrências. Ao contrário do ano com o valor máximo, em 22 anos não houve nenhum evento extremo registrado, ou seja, a maioria dos meses de agosto apresentaram valores nulos. Ao examinar a variação dos valores dos eventos maiores ou iguais a 30 mm ao longo dos anos, é possível perceber o início das ocorrências a partir de 2004, sendo ainda sim um período caracterizado por intensa flutuação nos valores, incluindo vários anos com registros nulos.

No que tange os eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, nota-se uma média de 0,03 eventos por ano, caracterizado por um total de apenas 1 evento ao longo do período de estudo. Frisa-se durante este intervalo temporal que o único ano com valores de ocorrências não nulos foi 2019, alcançando a quantidade de 1 evento. Dessa maneira, posto que no total de 28 anos não se constatou nenhuma ocorrência, não foi possível um entendimento exato do padrão de variação do gráfico.

Ao ser averiguado os dados dos eventos maiores ou iguais a 70 mm, verificou-se que em todos os meses de agosto dos respectivos anos sucederam valores nulos, não sendo possível dessa forma estabelecer qualquer tipo de análise da média, total, máxima e mínima, além de estabelecimento de padrões de variação.

Gráfico 35 - Total em agosto de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

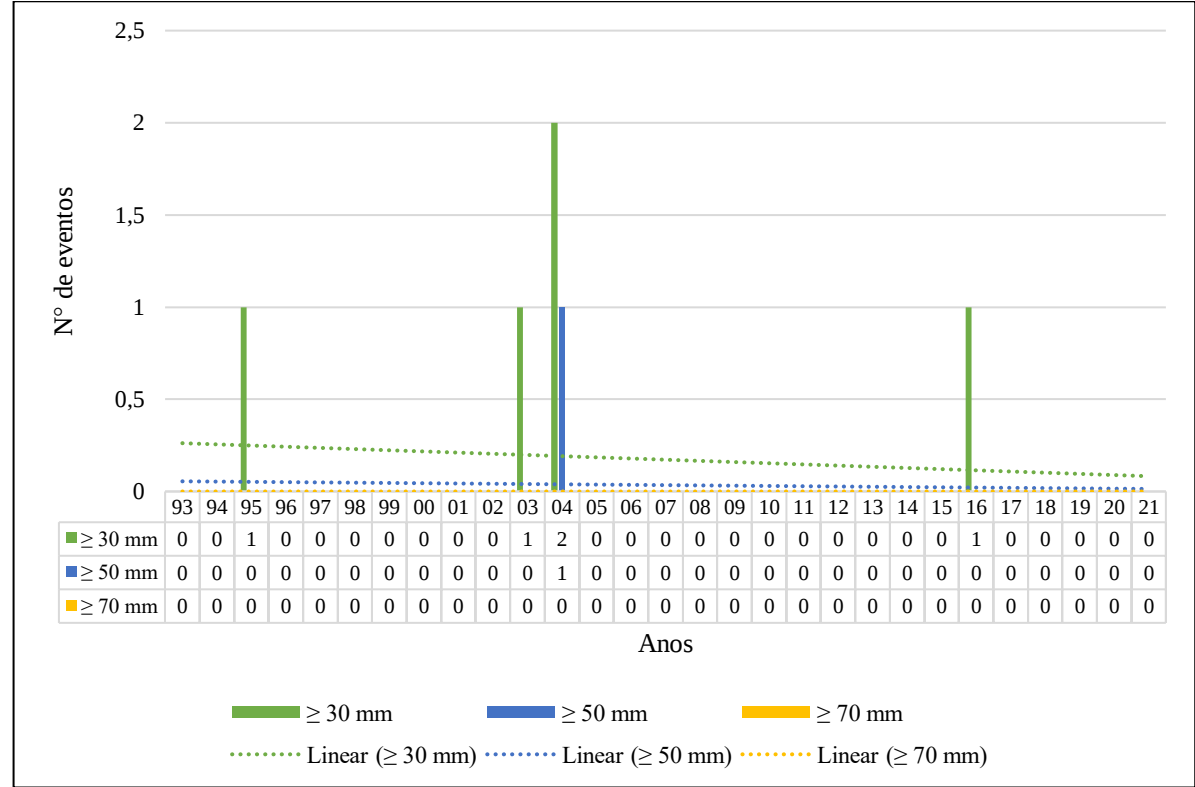
Os dados representados pelo gráfico 36 apresentam o total de eventos extremos de precipitação registrados nos meses de setembro em Monte Alegre ao longo do intervalo temporal de 1993 a 2021. Ao examinar os eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 30 mm, nota-se que, em média, ocorrem 0,17 eventos por ano, sendo marcado por 5 eventos na somatória total. Destaca-se que durante esse período, o mês de setembro do ano de 2004 registrou o maior número de eventos extremos, chegando a 2 ocorrências anuais. Por outro lado, em 25 anos distintos, verificou-se a menor quantidade de ocorrências anuais, uma vez que foram registrados valores nulos, como nos anos de 1993, 1999, 2007, 2009 e 2021. Ademais, por meio da análise da variação dos valores dos eventos maiores ou iguais a 30 mm ao longo dos anos, não é possível notar um padrão de oscilação dos dados, devido ao fato de muitos anos com valores nulos.

Em prosseguimento, sobre os eventos maiores ou iguais a 50 mm, mediante análise dos dados verificou-se que em apenas um ano houve ocorrência de eventos nesse volume de

precipitação, sendo este ano 2004 com 1 evento anual, enquanto nos demais anos não foram registrados eventos nessa quantidade. Essa ausência de ocorrências não contribui para qualquer análise de identificação de padrões de variação ao longo do período analisado. Em suma, a média apresentada foi de 0,03 eventos anuais, com a somatória total de 2 eventos.

Após examinar os dados dos eventos com precipitação maiores ou iguais a 70 mm, constatou-se que, em todos os meses de setembro ao longo dos anos analisados, não ocorreram eventos nessa faixa de precipitação. Isso inviabiliza qualquer análise de média, total, máximo e mínimo, além de tornar difícil a identificação de padrões de variação para esse período específico.

Gráfico 36 - Total em setembro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

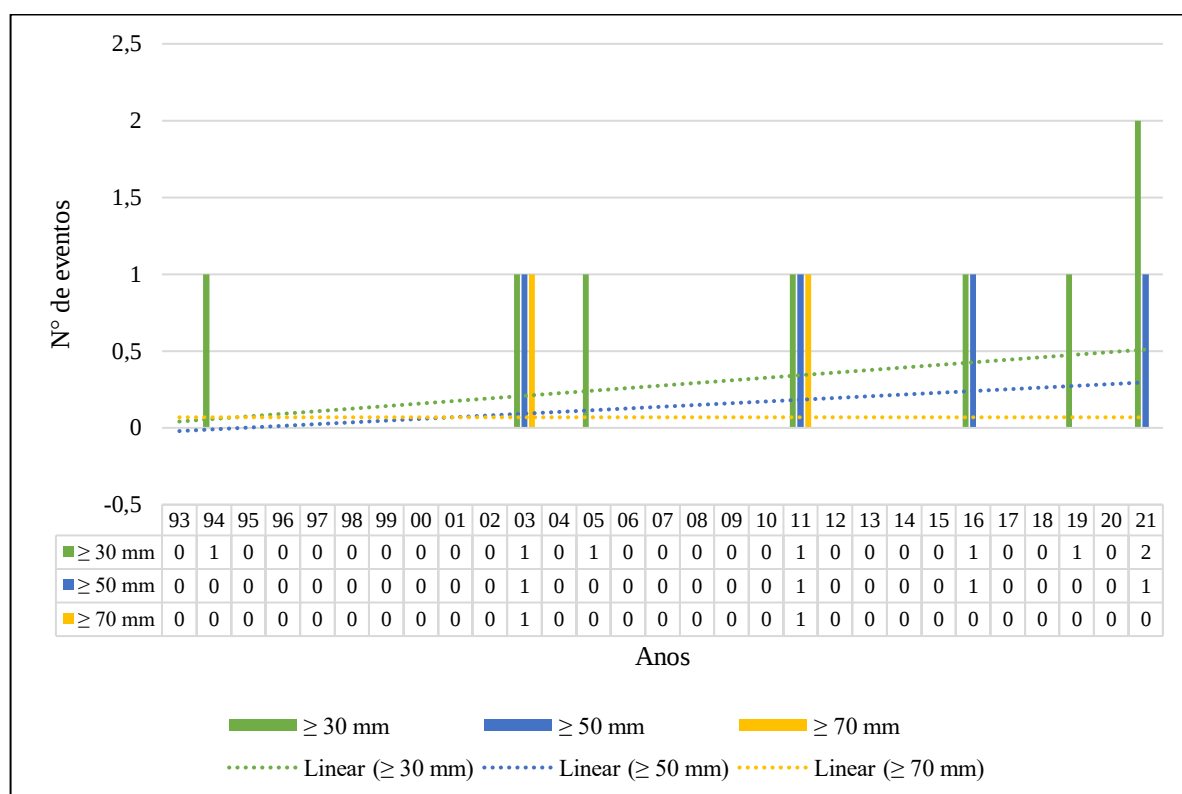
O gráfico 37 aponta o total de eventos extremos de precipitação registrados nos meses de outubro em Monte Alegre ao longo do intervalo temporal de 1993 a 2021. Ao ser efetuado a compreensão do gráfico de eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 30 mm, verifica-se que a cidade de Monte Alegre registra uma média de 0,3 evento por ano, com um total de 8 eventos ao longo do período estudado. Enfatiza-se o ano de 2021 como aquele que registrou a maior frequência de eventos, totalizando 2 ocorrências. Em contraposição, observa-se que em 22 anos distintos, como em 1993, 1995, 2004 e 2008, não houve ocorrência de eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm, registrando valores nulos para esses anos. Ao

analisar o comportamento geral dos dados, apesar da oscilação e instabilidade dos valores, é possível observar uma leve tendência de aumento na frequência anual de eventos extremos de precipitação durante o mês de outubro, especialmente a partir de 2003. Nesse intervalo, houve um incremento na quantidade de anos com ocorrências não nulas.

No que diz respeito aos eventos maiores ou iguais a 50 mm, verifica-se que a média anual é de 0,13, sendo contabilizado ainda o total de 4 eventos ao longo de todo o período analisado. Os únicos anos em que foram registradas ocorrências não nulas de eventos extremos de precipitação foram 2003, 2011, 2016 e 2021, com um evento em cada um desses anos, sendo assim estes anos com as maiores taxas de eventos anuais. À vista disso, os 25 anos restantes podem ser considerados com os de valor mínimo, apresentando somente valores nulos. Ao analisar os dados gerais deste tipo de evento, destaca-se a presença de muitos anos com valores nulos e ocorrências dispersas ao longo do tempo. No entanto, é possível observar um padrão de aumento dos valores após o ano de 2003.

Sobre os eventos maiores ou iguais a 70 mm, através de cálculos utilizando estes dados, constatou-se uma somatória total de 2 eventos, caracterizado pela média de 0,13 eventos por ano. O máximo de frequência de eventos no mês de outubro aconteceu em 2003 e 2011, com o total de 1 evento em cada ano. Em oposição, a frequência mínima de eventos no mês de outubro ocorreu em 27 distintos anos, que acabaram por não ter nenhuma ocorrência, como exemplo dos anos de 1993, 2005 e 2020. Desse modo, tendo em vista em cenário específico de comportamento dos dados, torna inviável qualquer análise da identificação de padrões de variação para esse período específico.

Gráfico 37 - Total em outubro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

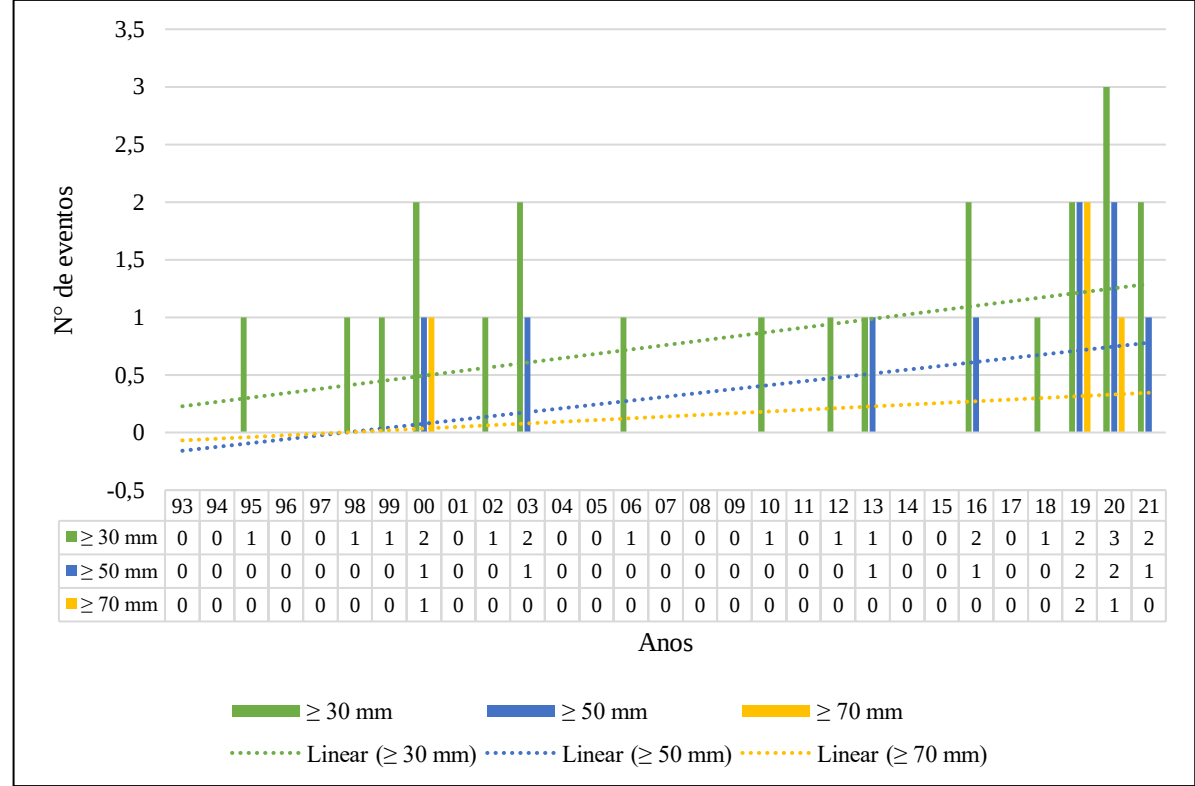
O gráfico 38 apresenta as ocorrências de eventos extremos de precipitação no mês de novembro na cidade de Monte Alegre, durante o período compreendido entre os anos de 1993 a 2021. Em relação aos eventos com precipitação maiores ou iguais a 30 mm, é possível observar uma média de 0,7 ocorrências por ano, com a somatória total de 7 eventos. Dentre esses eventos, o ano de 2020 se destacou com o maior número de ocorrências, alcançando um total de 3 eventos extremos. Em contraposição, em 14 anos diferentes, não foram registrados eventos extremos acima de 30 mm, o que representa o menor número de ocorrências para esse intervalo temporal, podendo ser citado os anos de 1993, 1994, 2005 e 2015. Ao ser realizada uma análise abrangente da variação dos valores dos eventos ao longo dos anos, nota-se uma sutil tendência de aumento nos índices de eventos maiores ou iguais a 30 mm a partir de 2016, com a maior frequência de anos apresentando a ocorrência de pelo menos dois eventos.

Sobre os dados de eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, frisa-se que a somatória total de ocorridas nesse período foi de 9 eventos, marcado pela média de eventos 0,3 a cada ano. É possível realçar os anos de 2019 e 2020 como o período de maior número de eventos, tendo em cada ano 2 eventos. No entanto, uma ampla variedade de anos não apresentou nenhum evento acima de 50 mm, incluindo os anos de 1993, 1996, 2008 e 2018. Ao analisar a variação dos dados de maneira geral, embora haja instabilidade nos valores com ampla variação entre os

menores e maiores, é possível observar uma tendência leve de aumento na frequência dos eventos anuais durante o mês de novembro, especialmente a partir de 2016. Nesse período, notou-se uma maior quantidade de anos com pelo menos 1 evento registrado.

No que concerne aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, enfatiza-se que a somatória total de ocorridas nesse período foi de 4 eventos, marcado pela média de eventos 0,13 a cada ano. Durante a análise, identificou-se que o ano de 2019 apresentou a maior taxa de frequência anual de eventos extremos, totalizando 2 ocorrências. Ao passo que em 26 anos distintos, como os anos de 1994, 2006, 2012 e 2018, foi registrada a menor taxa de precipitação, não ocorrendo nenhum evento nesse intervalo de tempo. De fato, a baixa quantidade de eventos registrados inviabiliza qualquer análise para identificar padrões de variação nesse período específico. Com tão poucos eventos, não é possível extrair conclusões significativas sobre o comportamento dos dados.

Gráfico 38 - Total em novembro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

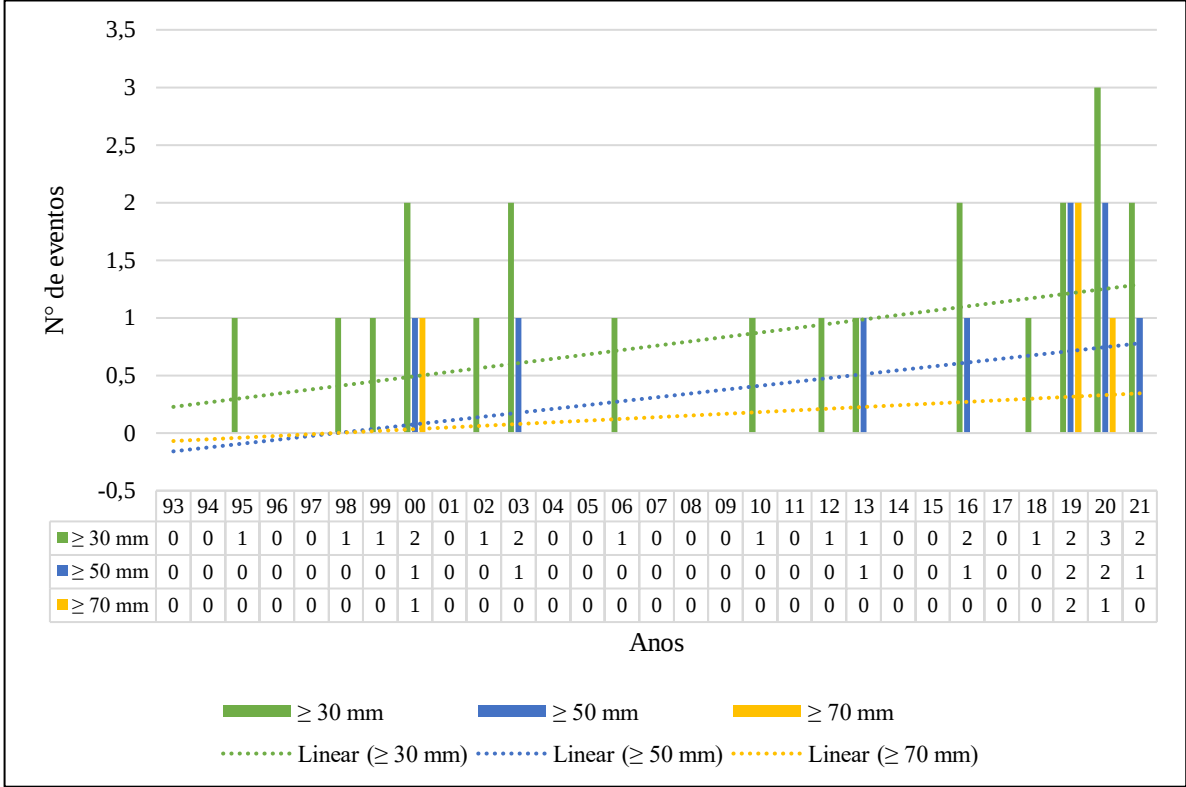
O gráfico 39 apresenta informações sobre o número de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre nos respectivos meses de dezembro dos anos de 1993 a 2021. De acordo com os dados, verifica-se inicialmente que a média de eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 30 mm é de 1,2 ocorrências por ano, com um total de 34 eventos identificados ao longo do período analisado. O ano de 2020 foi destacado pela maior frequência de eventos

extremos na estação de Monte Alegre, com um total de 3 ocorrências. No entanto, em 14 anos distintos, observou-se a menor quantidade de eventos extremos, uma vez que esses anos não apresentaram nenhuma ocorrência, caracterizando valores nulos nesse período, como exemplo de 1993, 1994, 2007, 2014 e 2017. Foi possível perceber, de forma geral, uma tendência sutil de aumento na frequência dos eventos anuais durante o mês de dezembro, especialmente a partir de 2010, apesar da instabilidade nos valores, que apresentaram ampla variação entre menores e maiores. Nesse período posterior a 2010, notou-se uma maior quantidade de anos com pelo menos 1 evento registrado.

No que se refere aos eventos maiores ou iguais a 50 mm, é importante ressaltar inicialmente a média anual e a soma total. A média anual calculada foi de 0,05 eventos, enquanto a soma total registrada foi de 19 eventos ao longo do período analisado. É relevante salientar que, durante esse intervalo temporal, os anos de 2019 e 2020 foram os que apresentaram os valores mais elevados de ocorrências, alcançando o total de 2 eventos por ano. A quantidade mínima de ocorrência aconteceu em 22 distintos anos, como exemplo de 1996, 2006 e 2012, não contendo nenhum evento anual. Ao analisar a variação dos valores dos eventos maiores ou iguais a 50 mm ao longo dos anos, nota-se uma grande instabilidade nos dados, mas é possível observar uma tendência de aumento dos valores, especialmente a partir de 2013, quando há uma maior regularidade na ocorrência anual com valores não nulos.

Em relação aos eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 70 mm, observa-se uma média de 0,27 ocorrências por ano no município, com um total de 8 eventos registrados ao longo de todo o período analisado. Enfatiza-se o ano de 2019 como aquele que apresenta a maior taxa anual de ocorrência de eventos, com um total de 2 ocorrências. Durante os outros 26 anos, não foi registrado nenhum evento extremo maiores ou iguais a 70 mm. Ao examinar a presença de muitas ocorrências com valores nulos ao longo dos anos, juntamente com duas ocorrências anuais em períodos temporais distintos, fica evidente que não foi possível identificar um padrão claro de variação dos valores de forma geral.

Gráfico 39 - Total em dezembro de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

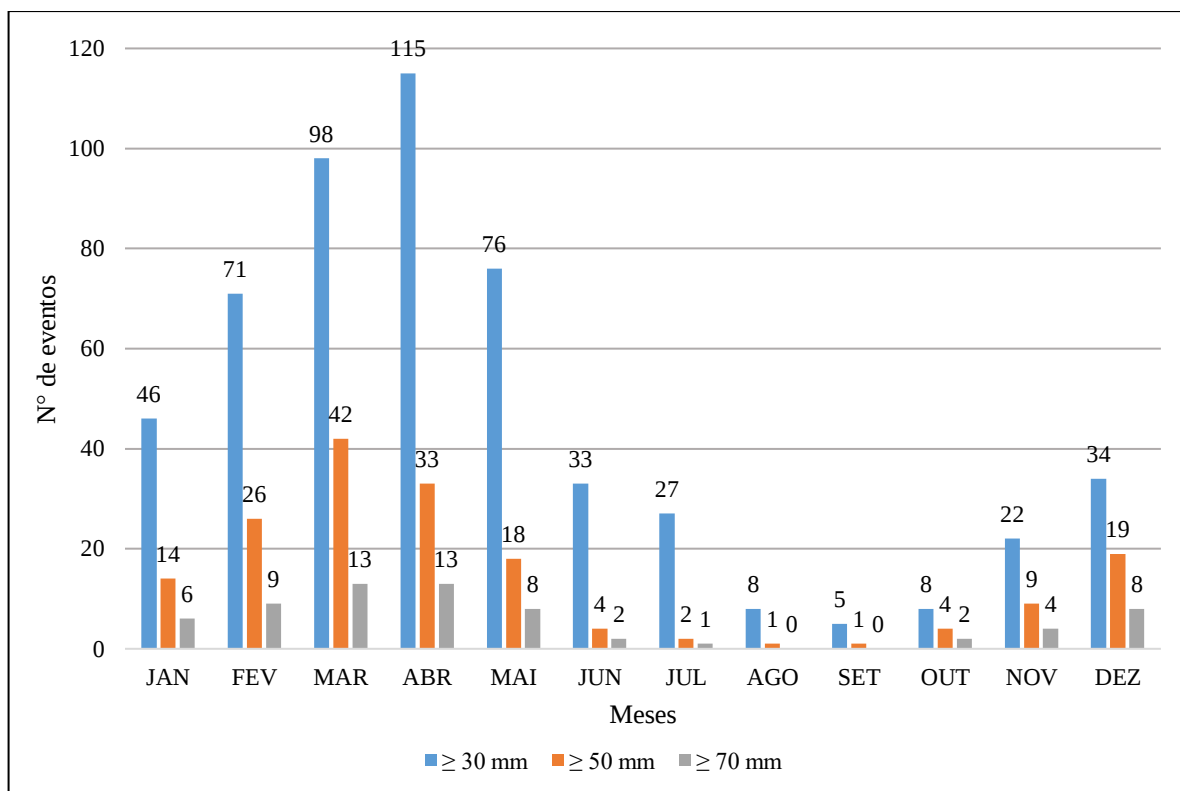
Após uma análise minuciosa e específica de cada mês, o gráfico 40 exibe o comportamento dos dados, revelando a soma total dos eventos ocorridos em Monte Alegre no período de 1993 a 2021. Com relação aos eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 30 mm, observa-se uma média de 45,2 eventos por mês, totalizando 543 eventos ao longo do período analisado. Nota-se que o mês de abril registrou a maior quantidade de eventos, com um total de 115 ocorrências. Em contrapartida, o mês de setembro registrou o menor número de eventos extremos, com apenas 5 ocorrências. Após uma análise geral da dinâmica dos valores dos eventos ao longo dos meses, observa-se que os meses de janeiro a maio apresentam os maiores valores, com destaque para abril, que registrou um valor significativamente acima da média. Por outro lado, os meses de junho a dezembro apresentam uma menor ocorrência de eventos.

No que concerne os eventos maiores ou iguais a 50 mm, frisa-se primeiramente a média e a soma obtidos a partir dos dados. A média anual foi de 14,4 eventos, com um total de 173 eventos registrados durante todo o período analisado. Destaca-se o mês de março como aquele com a maior quantidade de eventos extremos, totalizando 42 ocorrências. Em contrapartida, ressalta-se que os meses de julho e agosto registraram o menor número de eventos, com apenas 1 evento em cada um desses meses. De maneira geral, observa-se que o intervalo temporal com

maior incidência de eventos ocorre entre os meses de dezembro a maio, enquanto o período com menor ocorrência se estende de junho a novembro.

Em relação aos eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm, foi possível verificar a média mensal de 5,5 eventos e um total acumulado de 66 eventos ao longo de todo o período analisado. Destaca-se que os meses de março e abril apresentam o maior número de eventos, com um total de 13 eventos cada. Por outro lado, os meses de agosto e setembro não registraram nenhum evento, sendo considerados os meses com menor ocorrência. Com base na análise do gráfico, é possível observar que o período com maior número de eventos extremos maiores ou iguais a 70 mm ocorre predominantemente nos meses de dezembro a maio. Por outro lado, o intervalo com menores ocorrências desses eventos é mais comum nos meses de junho a novembro. Essa dinâmica sugere uma sazonalidade na frequência desses eventos ao longo do ano, com uma maior concentração de ocorrências em determinados meses e uma redução em outros.

Gráfico 40 - Somatória mensal dos eventos extremos de precipitação em Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

Ao comparar os dados dos eventos extremos de precipitação mensais com o comportamento das taxas de precipitação mensal ao longo do período estudado em Monte Alegre, é possível observar, primeiramente sobre os eventos maiores ou iguais a 30 mm que o período com maior número de eventos (janeiro a maio) coincide com a estação mais chuvosa

da região (janeiro a junho). No entanto, há uma pequena diferença, pois o mês de junho não faz parte do período de maior ocorrência de eventos extremos, apresentando uma quantidade menor.

De forma similar, podemos observar que os meses com o menor número de eventos extremos (junho a dezembro) estão relacionados com o período de menor precipitação na região (julho a dezembro), com exceção do mês de julho que não apresenta essa correlação. Por outro lado, o mês com o maior número de eventos extremos (abril) coincide com o período de maior média de precipitação na região, enquanto o mês com o menor número de eventos (setembro) também ocorre no período de menor média de precipitação. Esses padrões indicam uma possível relação entre os eventos extremos de precipitação e a distribuição das chuvas ao longo do ano em Monte Alegre.

Em relação aos eventos maiores ou iguais a 50 mm, é notável que o período com maior (dezembro a maio) e menor (junho a novembro) número de eventos coincide em grande parte com o intervalo de maior (janeiro a junho) e menor (julho a dezembro) média de precipitação. No entanto, há uma diferença em relação aos meses de julho e dezembro, que não apresentam uma correlação certa entre os dados de eventos e a média de precipitação.

Diferentemente do cenário dos eventos maiores ou iguais a 30 mm, os meses com maior e menor taxa de eventos extremos não correspondem aos meses de maior (abril) e menor (setembro) média de precipitação. O mês de maior número de eventos (março) está inserido no período com maior média pluviométrica (janeiro a junho), enquanto os meses com menor número de eventos (agosto e setembro) também estão completamente associados com os meses de menor média de precipitação (julho a dezembro). Esses padrões indicam que a relação entre os eventos extremos de precipitação maiores ou iguais a 50 mm e a distribuição da média de chuvas ao longo do ano em Monte Alegre está parcialmente associada.

No que tange os eventos maiores ou iguais a 70 mm, nota-se que o período com maior número de ocorrências ocorreu de dezembro a maio. Esses meses estão em parte correlacionados com o período de maior média mensal de chuva, compreendendo os meses de janeiro a junho. Por outro lado, os meses com menor número de eventos estão no intervalo de julho a dezembro, enquanto que os meses com menor média de precipitação abrangem junho a novembro.

Portanto, há uma conexão parcial entre esses dois períodos, com exceção dos meses de julho e dezembro, que não mostraram uma correlação clara entre eventos extremos de precipitação e a distribuição média de chuvas ao longo do ano. Observa-se que os meses que

registram o maior total de eventos são março e abril, com um total de 13 ocorrências, o que apresenta uma certa correlação com a dinâmica mensal de precipitação. Nota-se que o mês de abril possui a maior média pluviométrica. No gráfico, os meses com o menor número de eventos são agosto e setembro, que não apresentaram nenhuma ocorrência. De forma semelhante, constata-se que o mês com menor média de chuva é setembro, resultando em uma pequena discrepância nas relações, devido a apenas 1 mês a mais tanto nos meses com maiores quanto nos menores índices de eventos.

Com o intuito de aprimorar a compreensão dos dados previamente abordados, o Quadro 5 apresentado abaixo resume as informações relevantes acerca da dinâmica de eventos extremos de precipitação mensal em Monte Alegre/PA.

Quadro 5 - Sínteses dos dados (Eventos extremos de precipitação mensal em Monte Alegre/PA)

Informações	≥ 30 mm	≥ 50 mm	≥ 70 mm
Média de eventos	43,2	14,4	5,5
Total de eventos	543	173	66
Mês com maior número de eventos	Abril com 115 eventos	Março com 42 eventos	Março e abril com 13 eventos
Mês com menor número de eventos	Setembro com 05 eventos	Agosto e setembro com 1 evento	Agosto e setembro sem nenhuma ocorrência
Período com maior número de eventos	Janeiro a maio	Dezembro a maio	Dezembro a maio
Período com menor número de eventos	Junho a dezembro	Junho a novembro	Junho a novembro

Elaboração: CRAMER, 2024.

4.3.5 Comparação entre os gráficos de eventos extremos de precipitação mensais em São Gabriel da Cachoeira/AM e Monte Alegre/PA (1993-2021)

No que concerne a comparação entre os dados dos eventos extremos de precipitação mensal entre as duas estações analisadas de 1993 a 2021 no gráfico 41, constata-se inicialmente sobre os eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm que a média e o total de eventos são maiores em São Gabriel do que em Monte Alegre.

Na estação amazonense observa-se uma média de 70,4 eventos por mês e um total geral de 845 eventos. Em Monte Alegre a média e o total geral de eventos por ano são cerca de 30 por cento menor, sendo contabilizado a média de 45,2 eventos por ano e uma somatória de 543

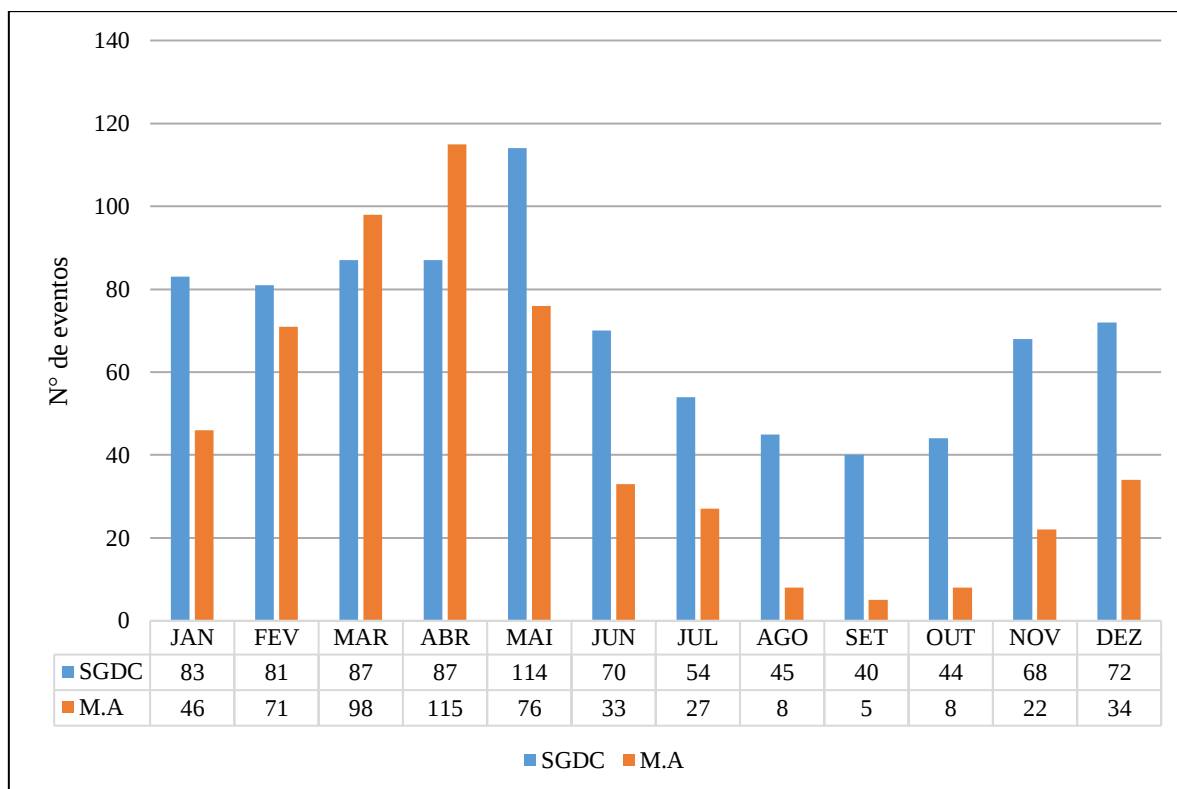
eventos durante o período de estudo. Os maiores e menores valores de eventos mensais em São Gabriel ocorrem respectivamente nos meses de maio e setembro. O mês de maio é caracterizado por maior taxa de eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm com o total de 114 eventos, enquanto que o mês de setembro teve o valor mínimo na somatória total, alcançando apenas 40 eventos mensais.

Na estação de Monte Alegre o mês com maior taxa de eventos está associado com o mês de abril, caracterizado pelo total de 115 eventos, superando em 1 evento o mês com o maior total de eventos maiores ou iguais a 30 mm. Em continuação, assim como em São Gabriel, o mês com o menor total de eventos em Monte Alegre sucedeu em setembro com o total de 5 eventos, valor bem abaixo dos números dispostos nesse mesmo mês na outra estação estudada.

No que representa a dinâmica mensal do gráfico de eventos acima de 30 mm nos dois municípios, evidencia-se que em São Gabriel os meses com maior número de eventos ocorrem de novembro a junho, ou seja, 8 meses, enquanto que em Monte Alegre acontecem de janeiro a maio, quantitativo de 5 meses, tendo de certa forma uma similaridade temporal, com as duas estações tendo mais quantidade de eventos em meados do primeiro semestre.

No que diz respeito ao período com a menor taxa de eventos extremos maiores ou iguais a 30 mm no município de São Gabriel, observa-se que este intervalo ocorre de julho a outubro, totalizando 4 meses. Em contrapartida, em Monte Alegre, essa ocorrência se estende de junho a dezembro, cobrindo um período de 7 meses. Assim, é possível perceber que os intervalos mensais com menor número de eventos nas duas localidades possuem certa correlação, embora com uma diferença de 2 meses que não se sobrepõe.

Gráfico 41 - Comparação do total mensal dos eventos extremos de precipitação ≥ 30 mm em São Gabriel e Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

Ainda de acordo com o gráfico 42, observa-se, inicialmente, que os eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm apresentam média e total de ocorrências maiores em São Gabriel em comparação com Monte Alegre. Na estação meteorológica em São Gabriel, a média mensal é de 23,4 eventos, resultando em um total de 281 eventos ao longo do período. Por outro lado, em Monte Alegre, tanto a média quanto o total de eventos anuais são cerca de 30% menores, com uma média de 14,4 eventos por ano e um total acumulado de 173 eventos durante o período de análise.

Os valores mais elevados e mais baixos de eventos mensais em São Gabriel ocorrem nos meses de maio e setembro, respectivamente. O mês de maio se destaca com a maior incidência de eventos extremos maiores ou iguais a 50 mm, totalizando 43 ocorrências, enquanto setembro apresenta o menor valor no somatório, com apenas 6 eventos mensais.

No que diz respeito à estação meteorológica de Monte Alegre, o mês com a taxa mais alta de eventos é março, contabilizando 42 ocorrências, ficando apenas um evento a menos em relação ao mês com o maior total mensal de eventos maiores ou iguais a 50 mm em São Gabriel. Além disso, em congruência com São Gabriel, o mês com o menor total de eventos em Monte

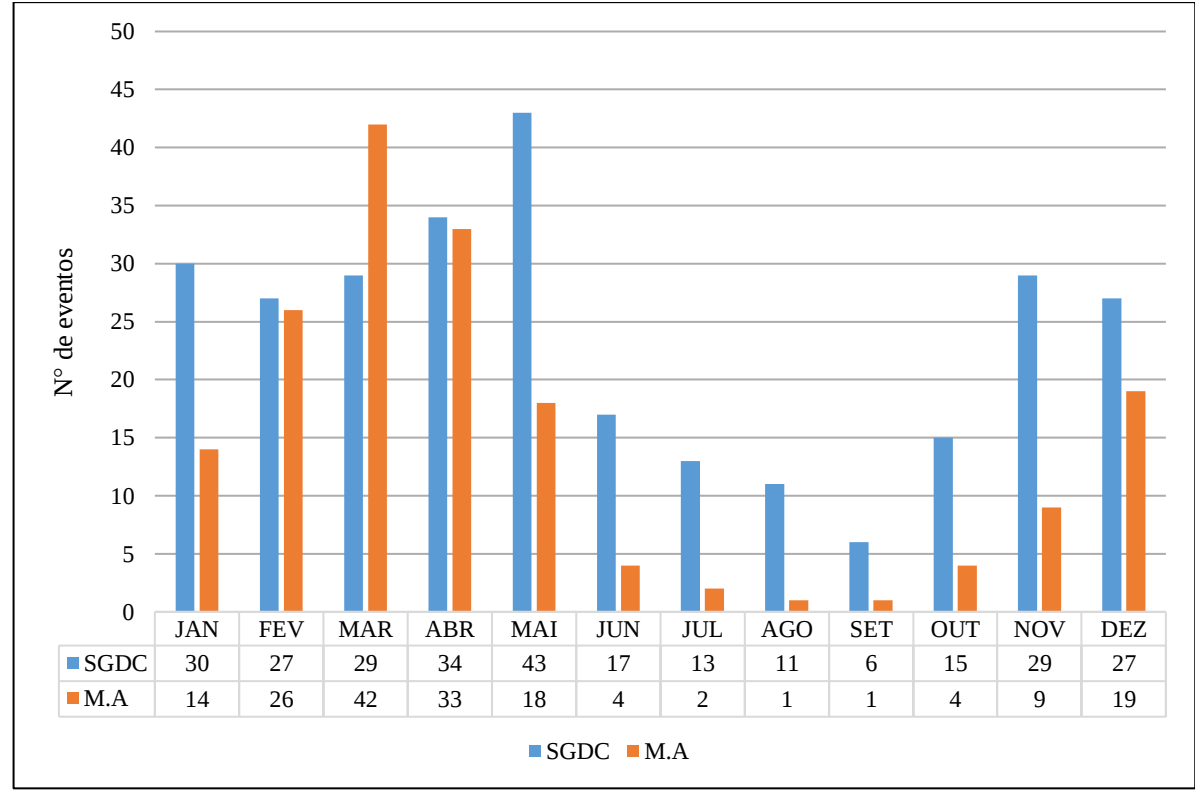
Alegre é setembro, contudo agrega-se em Monte Alegre o mês de agosto também com os menores valores, ou seja, cada um com apenas 1 evento em cada.

A análise da dinâmica mensal nos gráficos de eventos maiores ou iguais a 50 mm nos dois municípios revela que, em São Gabriel, os meses com a maior quantidade de eventos estão compreendidos entre novembro e maio, abrangendo um total de 7 meses. Por sua vez, em Monte Alegre, essa ocorrência se dá de dezembro a maio, perfazendo um período de 6 meses.

Nota-se, portanto, uma semelhança temporal entre as duas estações meteorológicas, com ambas apresentando maior incidência de eventos nos últimos meses do ano até o mês de maio. No que se refere ao período com menor frequência de eventos extremos acima de 50 mm no município de São Gabriel, é evidente que essa redução ocorre entre os meses de junho e outubro, abrangendo um total de 5 meses.

Por outro lado, em Monte Alegre, esse cenário se estende de junho a novembro, compreendendo um período de 6 meses. Dessa maneira, é perceptível que os intervalos mensais com menor número de eventos nas duas localidades possuem variações similares, exceto por uma discrepância de 1 mês, que nesse caso é o mês de dezembro.

Gráfico 42 - Comparação do total mensal dos eventos extremos de precipitação ≥ 50 mm em São Gabriel e Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

No contexto dos eventos extremos com precipitação maiores ou iguais a 70 mm (gráfico 43), é possível observar, em um primeiro momento, que esses eventos apresentam uma média e um total de ocorrências mais significativos em São Gabriel quando comparados com Monte Alegre. Na estação meteorológica de São Gabriel, a média mensal é de 8,4 eventos, resultando em um acumulado de 101 eventos ao longo do período analisado.

Por outro lado, em Monte Alegre, tanto a média quanto o total de eventos anuais são aproximadamente 30% menores, com uma média de 5,5 eventos por ano e um total de 66 eventos durante todo o período de análise. Os valores mais elevados de eventos mensais em São Gabriel ocorrem nos meses de março a maio, enquanto os valores mais baixos são observados nos meses de agosto e setembro. No período de março a maio, ocorrem 14 eventos, enquanto agosto e setembro registram o menor total, com apenas 1 evento mensal.

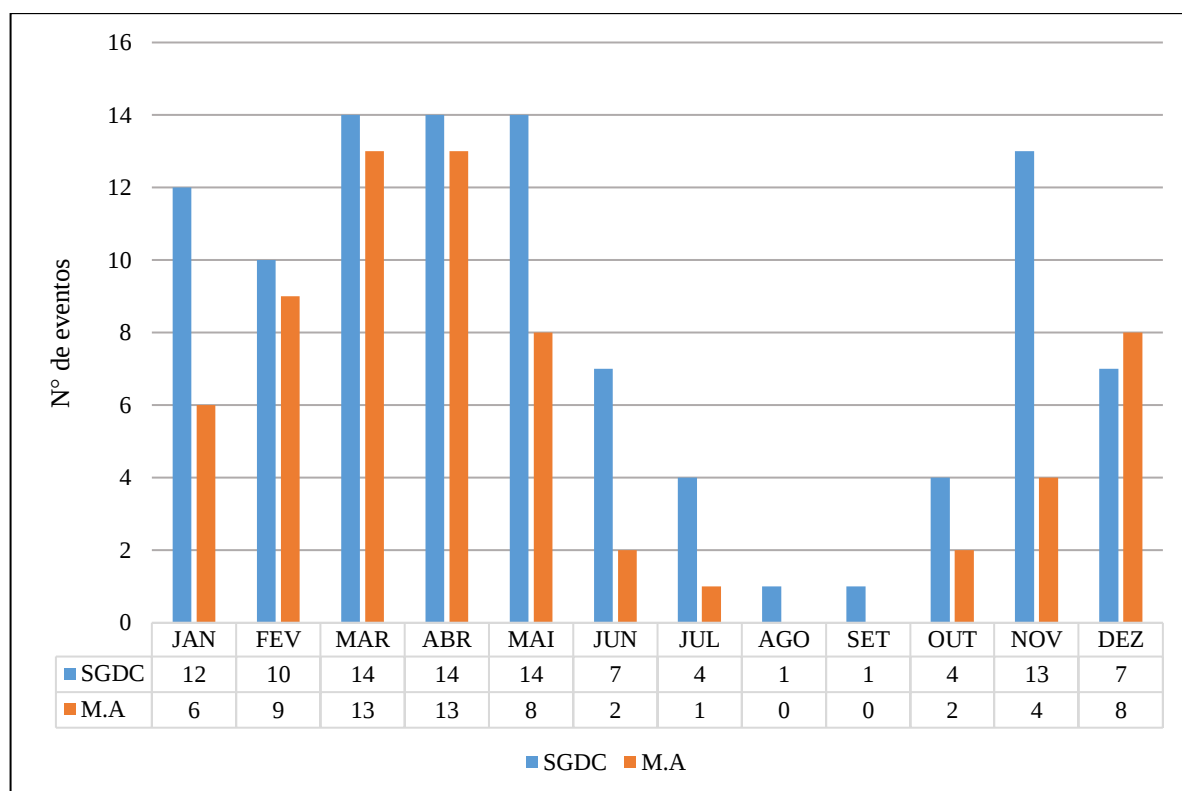
Similarmente, na estação meteorológica de Monte Alegre, os meses com as taxas mais altas de eventos são março e abril, totalizando 13 ocorrências, ficando apenas um evento abaixo do mês com o maior total mensal de eventos maiores ou iguais a 70 mm em São Gabriel. Em consonância com São Gabriel, os meses com menor total de eventos em Monte Alegre são agosto e setembro, sem nenhuma ocorrência registrada.

A análise da dinâmica mensal nos gráficos de eventos maiores ou iguais a 70 mm nos dois municípios revela que, em São Gabriel, o período mensal com maior incidência está compreendido entre janeiro a maio e também o mês de novembro, totalizando 6 meses. Em Monte Alegre, essa tendência se estende de dezembro a maio, perfazendo um período de 6 meses também.

Nota-se, portanto, uma semelhança temporal entre as duas estações meteorológicas, com ambas apresentando maior incidência de eventos nos meses finais do ano até maio, com a diferença de que os meses de novembro e dezembro não estão correlacionados. No que se refere ao período com menor frequência de eventos extremos acima de 70 mm no município de São Gabriel, é evidente que essa redução ocorre entre os meses de junho a outubro, além do mês de dezembro, totalizando 6 meses.

Por outro lado, em Monte Alegre, esse padrão se estende de junho a novembro, também abrangendo um período de 6 meses. Desse modo, é perceptível que os intervalos mensais com menor número de eventos nas duas localidades possuem uma variação correlacionada a partir do mês de junho, com a exceção de uma discrepância de 2 meses, que nesse caso engloba os meses de novembro e dezembro.

Gráfico 43 - Comparação do total mensal dos eventos extremos de precipitação ≥ 70 mm em São Gabriel e Monte Alegre (1993-2021)



Fonte: INMET, 2024.

Acrescenta-se ainda como observações gerais sobre os dados coletados que, ao realizar a soma de precipitação de todos os dias entre 01/01/1993 a 31/12/2021 nas duas estações, constata-se que em São Gabriel atingiu o total de 88.658,3 mm de precipitação, ao mesmo tempo que em Monte Alegre alcançou o valor de 52.908,4 mm, volume cerca de 40% menor na estação paraense.

No entanto, mesmo com o maior volume total de precipitação e de número de eventos ocorrido ao longo do tempo pesquisado, São Gabriel não evidenciou o dia com maior taxa de precipitação. Sendo assim, nesse quesito, Monte Alegre se destacou com a marca de 175,4 mm no dia 17/11/2019, enquanto que São Gabriel foi marcado pelo valor mais alto no dia 12/02/1993 com o quantitativo de 150 mm. Além disso, para efeito de observação, a taxa mais alta de precipitação constatada em São Gabriel da Cachoeira está engendrada dentro do período mais chuvoso, enquanto que em Monte Alegre está associado com o período menos chuvoso.

4.4 Possíveis fatores das ocorrências dos eventos extremos de precipitação na Amazônia Brasileira

Conforme debatido na fundamentação teórica desta pesquisa, os eventos extremos de precipitação na região Amazônica podem ser resultados de diversos fatores, seja de modo

isolado ou reflexo da interação entre múltiplos fatores, incluindo sistemas climáticos naturais e influências diretas e indiretas de atividades antrópicas.

Um dos fatores centrais abordados na discussão sobre a ocorrência dos eventos extremos de precipitação refere-se ao contexto das mudanças climáticas. Isso está relacionado, em parte, às mudanças climáticas resultantes de fatores naturais e também influenciadas por ações humanas. Essas influências estão contribuindo para a progressão do enfraquecimento da camada de ozônio e o aumento acentuado do efeito estufa, o qual é responsável pelo fenômeno do aquecimento global.

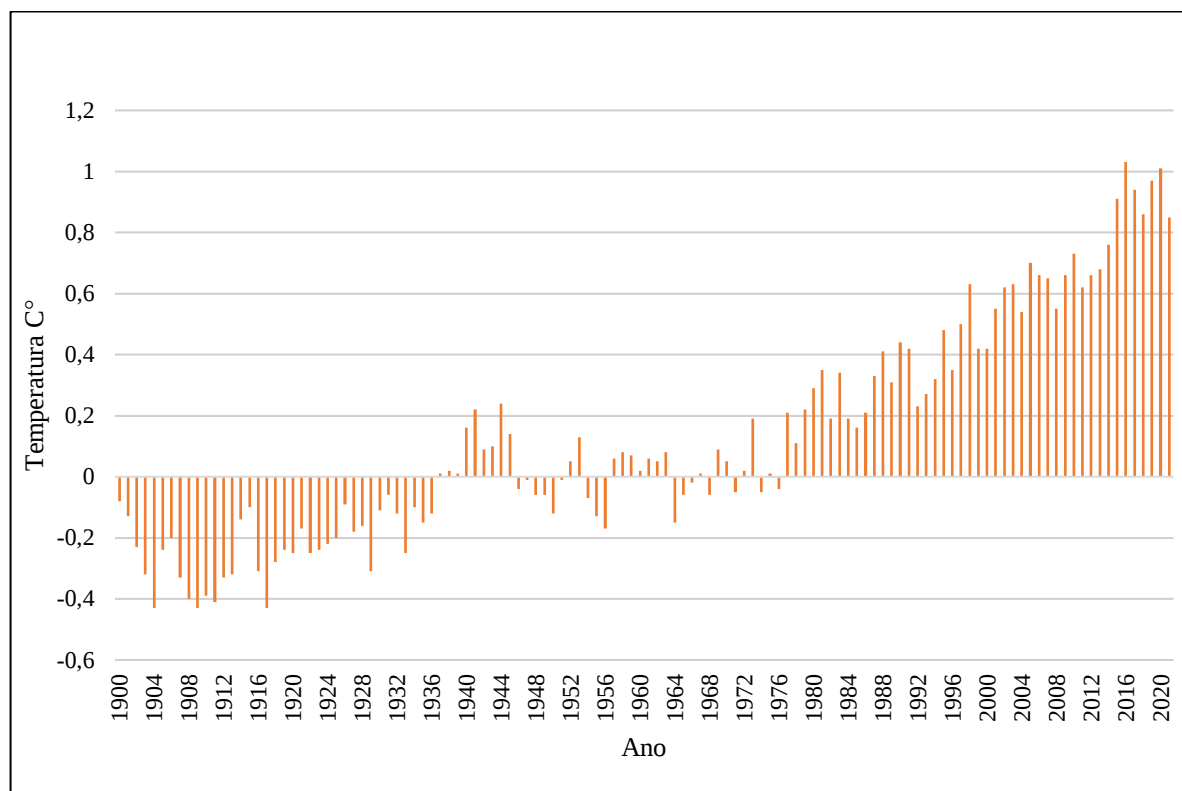
Uma das características do contexto das mudanças climáticas está associada às alterações na temperatura global. O gráfico apresentado abaixo ilustra a evolução de longo prazo (de 1900 a 2020) das anomalias de temperatura globais, com base em informações disponibilizadas pela National Centers for Environmental Information (NOAA). Destaca-se de antemão que os dados de anomalias estão dispostos tendo como parâmetro à média de temperatura de 1901 a 2000.

Ao analisar o comportamento dos dados representados no gráfico 44, observa-se uma série temporal que revela padrões importantes. Desde o início do século passado até meados da década de 30, as anomalias de temperatura eram predominantemente negativas, alcançando em certos anos anomalias negativas de $-0,4^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, do final da década de 30 até o final da década de 70, um intervalo de anomalias positivas e negativas se manifesta, embora sem um padrão claro e com valores relativamente próximos às médias.

No entanto, a partir da década de 80 até 2020, o gráfico é dominado por anos com anomalias positivas e substancialmente elevadas. Essas anomalias gradualmente se distanciam cada vez mais da média global de temperatura, chegando à última década com valores positivos particularmente altos, culminando em uma anomalia positiva de 1°C .

Nota-se que o ano com a mais alta anomalia positiva de temperatura foi 2016, atingindo $1,03^{\circ}\text{C}$, enquanto o ano com a menor anomalia negativa de temperatura foi 1909, com $-0,43^{\circ}\text{C}$. Assim, de maneira geral, observa-se que ao longo do período em análise, as anomalias de temperatura globais passaram por uma significativa transformação. O gráfico evoluiu do predomínio de anos com anomalias negativas para um cenário onde as anomalias positivas tornaram-se mais frequentes e distantes da média. Isso provavelmente gera relação com impactos e implicações nos padrões de chuva e na ocorrência de eventos extremos de precipitação.

Gráfico 44 - Anomalias de temperatura globais terrestres e oceânicas (1900- 2020)



Fonte: NOAA, Climate at a Glance: Global Time Series, 2023.

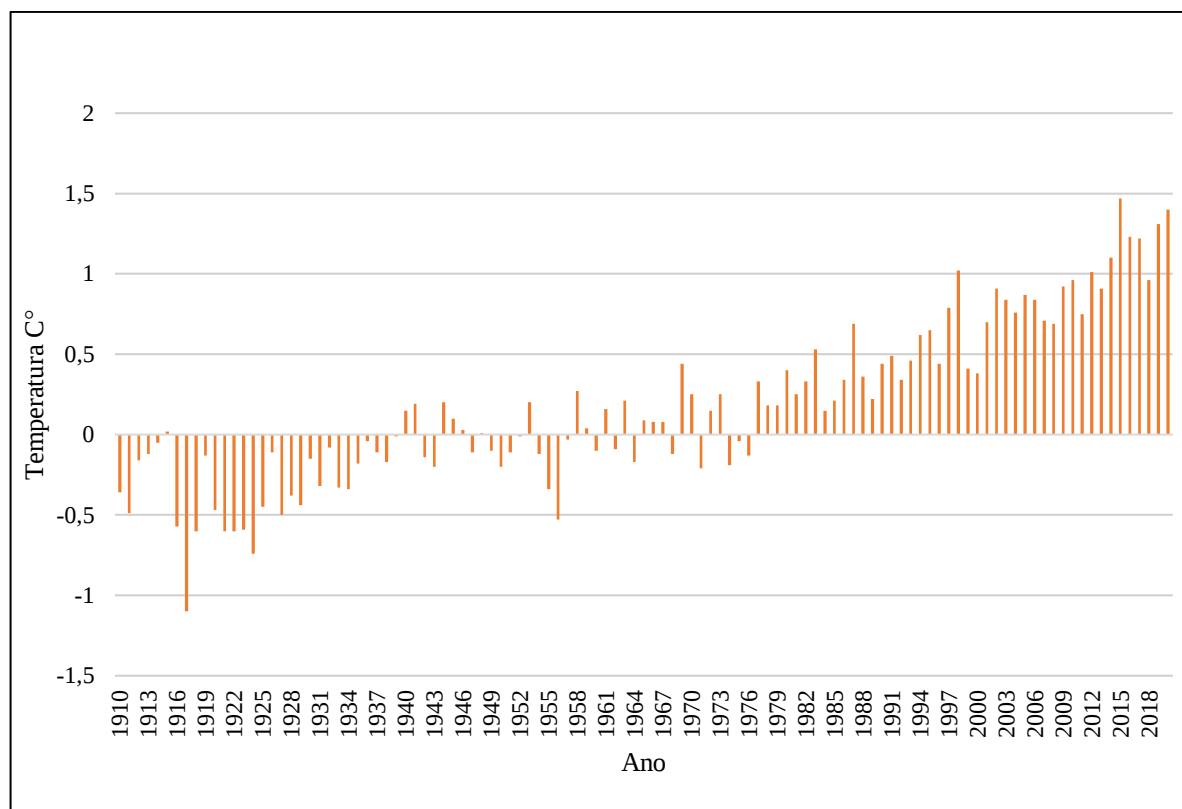
O gráfico 45 se apresenta para fornecer uma compreensão mais detalhada das anomalias de temperatura na América do Sul ao longo do período de 1910 a 2018. Em termos gerais, essa representação gráfica exibe um padrão de variação que se assemelha ao gráfico discutido anteriormente. Inicialmente, durante as primeiras décadas do século XX, mais precisamente entre 1910 e o final dos anos 1930, predominam as anomalias negativas, algumas das quais chegaram a alcançar valores de menos 1°C em determinados momentos.

Ao avançar para o período que se estende desde o início dos anos 1940 até o final dos anos 1970, os dados apresentam uma oscilação entre anos com anomalias positivas e negativas, exibindo flutuações de valores que alternam entre aumentos e diminuições. Contudo, a partir do início dos anos 1980, a tendência muda significativamente, e os anos passam a ser dominados por anomalias positivas. Nesse momento, ocorre um aumento gradual e contínuo na temperatura, o que significa que ao longo do tempo, as temperaturas têm aumentado de forma consistente. Esse aumento culmina em anomalias que ultrapassam 1°C nas últimas décadas do período analisado.

É notável que o ano de maior anomalia positiva de temperatura foi 2015, registrando 1,47°C, enquanto o ano com a menor anomalia negativa de temperatura ocorreu em 1917, com -1,1°C. Em linhas gerais, é evidente uma transformação significativa ao longo do tempo nas

anomalias de temperatura também no cenário específico da América do Sul. O gráfico que representa essas anomalias passou por uma mudança, inicialmente dominado por anos com anomalias negativas, e posteriormente, com uma tendência de frequências cada vez mais dominadas por anomalias positivas, que se distanciam progressivamente da média. Essas mudanças sugerem um possível impacto do aquecimento global nos sistemas climáticos, o que pode ter efeitos significativos para a região Amazônica e seus padrões climáticos, contribuindo assim para o contexto dos fenômenos de extremos de precipitação.

Gráfico 45 - Anomalias de temperatura na América do Sul (1910- 2018)



Fonte: NOAA, Climate at a Glance: Global Time Series, 2023.

Em resumo, a análise dos gráficos revelou uma tendência de aumento das temperaturas ao longo dos anos, o que se insere em um período caracterizado pelo fenômeno do aquecimento global. Esse padrão climático foi notório tanto em escala global quanto de maneira mais específica na América do Sul. Além disso, os dados ilustram uma mudança significativa nas anomalias de temperatura ao longo do século passado, passando de um predomínio de anomalias negativas para uma crescente dominância de anomalias positivas.

Esse cenário sugere uma clara influência das mudanças climáticas na temperatura média, o que pode ter inferências abrangentes para diversos aspectos ambientais e climáticos, inclusive os padrões de chuva e a ocorrência de eventos extremos de precipitação. Portanto, a

observação dessas tendências nos gráficos ressalta a importância de compreender e enfrentar os desafios impostos pelo aquecimento global em diferentes regiões, incluindo a Amazônia.

O aquecimento global tem implicações diretas nos padrões de precipitação e na ocorrência de eventos climáticos extremos, como chuvas intensas. À medida que a temperatura global aumenta e se torna mais anômala, ocorrem diversas alterações nos sistemas climáticos e hidrológicos que podem contribuir para a ocorrência de eventos extremos de chuva. De acordo com o relatório do IPCC (2014b), o aumento da temperatura média global nos cenários de mudanças climáticas está associado a um aumento no potencial de ocorrência de eventos extremos. Além disso, há uma elevação na probabilidade de eventos de grande escala e sem precedentes.

De maneira geral, é possível observar que o aumento da temperatura tem o potencial de provocar alterações nos padrões de circulação atmosférica, incluindo a formação de áreas de alta e baixa pressão. Essas modificações podem impactar a rota das massas de ar e dos sistemas de frente fria, ampliando a chance de eventos de chuvas extremas em determinadas áreas.

Com o processo de aquecimento, as temperaturas mais elevadas propiciam uma maior evaporação da água, seja dos oceanos, massas d'água ou superfícies terrestres. Isso resulta em um aumento da disponibilidade de vapor de água na atmosfera, que, sob as condições atmosféricas apropriadas, pode se condensar e originar episódios de chuvas intensas. Além disso, é importante ressaltar que esse aquecimento pode também afetar a instabilidade dos sistemas atmosféricos e intensificar o ciclo hidrológico, acelerando o processo global de evaporação e precipitação.

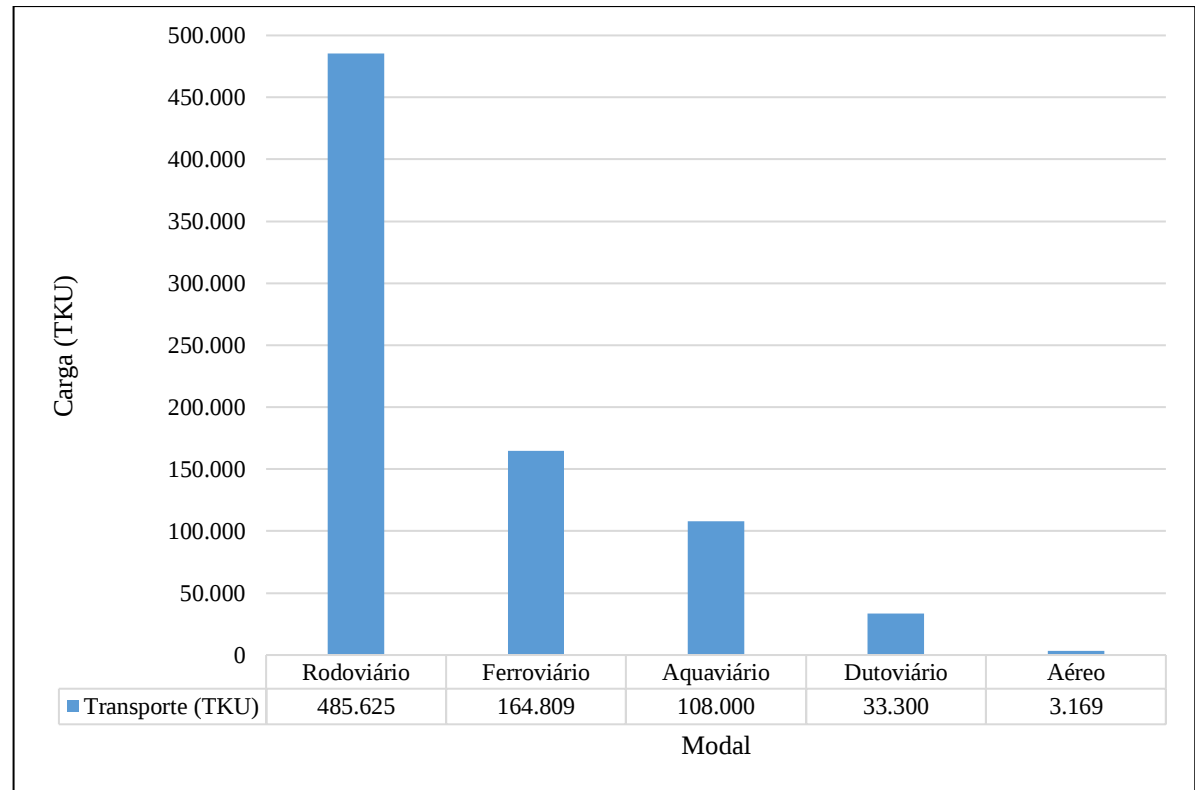
Nesta perspectiva, salienta-se que o crescimento contínuo da frota de automóveis ao redor do mundo tem desempenhado um papel significativo nas mudanças globais, especialmente em relação ao meio ambiente e ao clima. Esse fenômeno está intimamente ligado ao aumento das emissões de gases de efeito estufa, bem como a uma série de impactos socioeconômicos e ambientais. Os veículos movidos a combustíveis fósseis, como gasolina e diesel, liberam dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa na atmosfera durante a queima de combustível. Esses gases retêm o calor na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global e as mudanças climáticas.

O aumento do número de automóveis muitas vezes leva a mais estradas e infraestruturas urbanas. Isso pode resultar em desmatamento, degradação de habitats naturais e expansão urbana descontrolada, com efeitos diretos na biodiversidade e nos ecossistemas locais.

O Brasil é amplamente conhecido por depender fortemente do transporte rodoviário como principal meio de movimentação de pessoas e mercadorias. Essa dependência tem profundas implicações socioeconômicas, ambientais e de infraestrutura para o país, sendo consequência de estratégias políticas brasileiras estabelecidas ao longo do século XX. O transporte rodoviário desempenha um papel fundamental na economia brasileira e durante o tempo foi uma forma utilizada para a maior integração do território.

O gráfico 46 ilustra a distribuição e participação de cada modal de transporte de cargas no Brasil no ano de 2013, conforme dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2013). Uma análise desse gráfico destaca o predomínio do modal rodoviário, que se torna protagonista deste contexto devido ao fato de transportar 61,1% das cargas totais, indicando sua proeminência no cenário de transporte de mercadorias no país. O modal ferroviário figura em segundo lugar, contribuindo com 20,7% do transporte de cargas. Em sequência, o modal aquaviário, dutoviário e aéreo registram participações de 13,6%, 4,2% e 0,4%, respectivamente.

Gráfico 46 - Composição da matriz do transporte de carga no Brasil em 2013



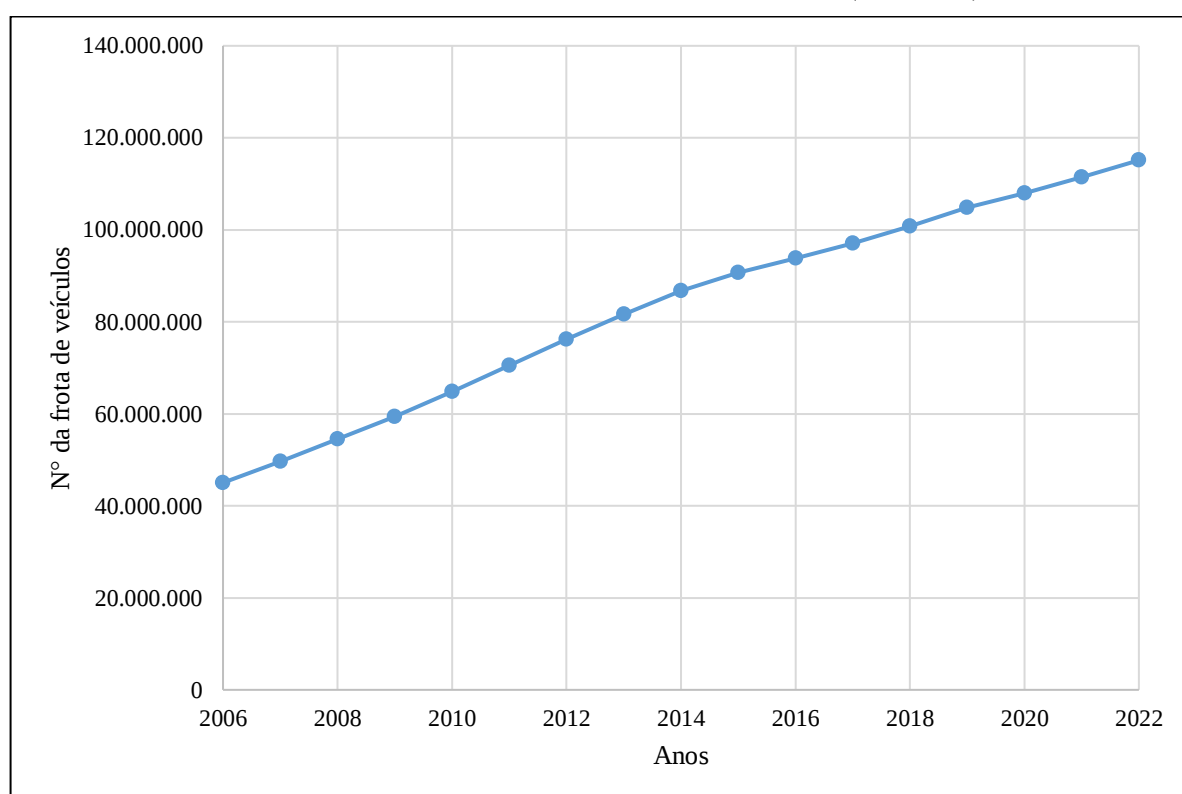
Fonte: CNT, 2024.

Diante da compreensão do domínio do modal rodoviário no Brasil, o gráfico 47 apresenta a evolução do número de veículos no Brasil ao longo do período de 2006 a 2022. Um exame dessa série temporal evidencia o aumento gradual da frota de automóveis ao longo dos anos. Entre 2005 e 2022, a frota cresceu de cerca de 45 milhões para aproximadamente 115

milhões de veículos, representando um acréscimo de aproximadamente 70 milhões de veículos em um intervalo de 16 anos. Essa tendência de crescimento sinaliza a expansão contínua da frota automotiva para o futuro.

Nesse contexto, a ampliação da frota de veículos pode ser considerada como um fator potencial que se insere na análise das ocorrências de eventos extremos de precipitação nas regiões de estudo. O aumento do número de veículos tem implicações para o tráfego rodoviário, infraestrutura viária e uso do solo, todos esses fatores interconectados podem influenciar os padrões climáticos locais e regionais, incluindo a ocorrência de eventos climáticos extremos. Portanto, a relação entre a expansão da frota de veículos e eventos de precipitação merece ser explorada mais profundamente para entender as interações complexas entre esses fatores.

Gráfico 47 - Série histórica de frota de veículos no Brasil (2006-2022)



Fonte: SENATRAM, 2024.

Acrescenta-se neste debate, o crescimento populacional como um dos possíveis contribuintes na ocorrência e na intensificação de frequência de eventos extremos de precipitação. À medida que as populações e a urbanização crescem, podem ocorrer mudanças no uso da terra, como o desmatamento para a construção de moradias e instalações industriais. Essas mudanças podem alterar os padrões de fluxo de ar e influenciar os sistemas de circulação atmosférica, afetando a distribuição de chuvas. O aumento das áreas urbanas pode criar ilhas

de calor, onde as temperaturas são mais altas do que nas áreas circundantes. Isso pode alterar os padrões de circulação atmosférica local, afetando a formação e a intensidade de chuvas.

Salienta-se que a relação entre crescimento populacional e eventos extremos deve ser abordada com cautela, é crucial o reconhecimento de que as causas de eventos extremos muitas vezes estão intrinsecamente ligadas a práticas inadequadas de extração e uso de recursos, frequentemente atreladas à incessante busca pelo crescimento econômico, visando tão somente a reprodução do capital.

É relevante o destaque ao se debater acerca do crescimento populacional, a implantação da administração e planos governamentais buscando a produção do espaço mais igualitária, proporcionando condições dignas de vida para todos, alinhando-se a uma abordagem mais sustentável e justa, posto que os eventos de chuvas extremas causam grandes danos diante de espaços suscetíveis e vulneráveis a estes acontecimentos.

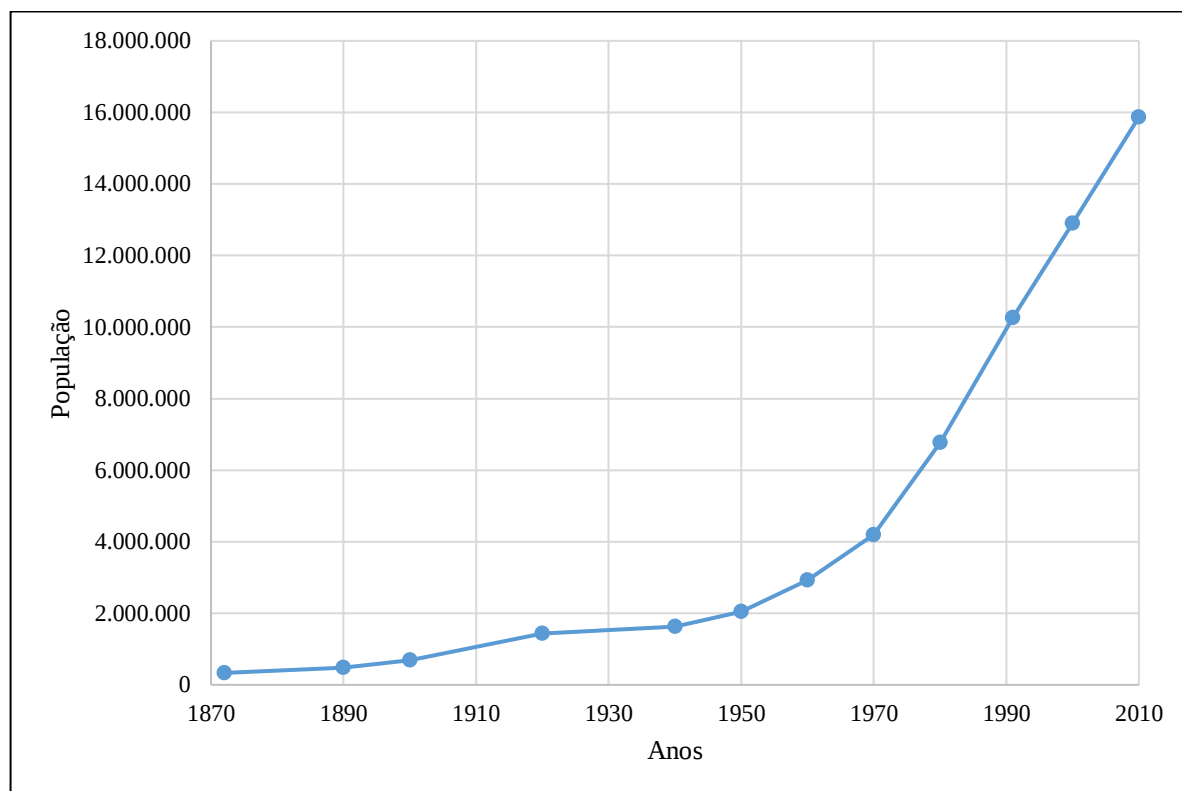
A busca por um desenvolvimento sustentável torna-se imperativa. Isso implica em assegurar que todos os indivíduos vivam em ambientes adequados, evitando a deflagração de desastres. A extração de recursos deve ser repensada, focalizando não apenas na maximização dos lucros, mas na promoção da igualdade e na preservação do meio ambiente.

Nesse contexto, ao examinar a série temporal que abrange a população residente na região norte ao longo dos anos de 1872 a 2010 (gráfico 48), percebe-se uma expansão gradual, porém inicialmente contida. Nos primeiros 88 anos, até a década de 60, observou-se um aumento moderado, resultando em um acréscimo de 2.597.158 milhões de pessoas. No entanto, a partir desse período temporal até 2010, a população testemunhou um crescimento notável de 12.934.449 milhões de indivíduos, evidenciando uma rápida aceleração nos últimos 50 anos.

Ademais, sobre o crescimento populacional na região Amazônica, de acordo com Moura et al. (1999), ocorreu um aumento notável na população humana na região amazônica entre 1950 e 1990, passando de 2 milhões para 18 milhões de habitantes, resultando na formação do que é conhecido como a configuração "espinha de peixe". Esse termo, retrata um arranjo na paisagem no qual ocorre a alternância entre áreas de pastagens e faixas de floresta tropical intocada.

Para concretizar ainda mais o debate sobre os impactos ambientais a floresta, segundo Gash e Shuttleworth (1991) a considerável diminuição da extensão da floresta resulta em consequências graves, incluindo a diminuição e até mesmo o desaparecimento de espécies, erosão do solo, além de impactos adversos no clima local e global.

Gráfico 48 - População residente na região norte (1872 - 2010)

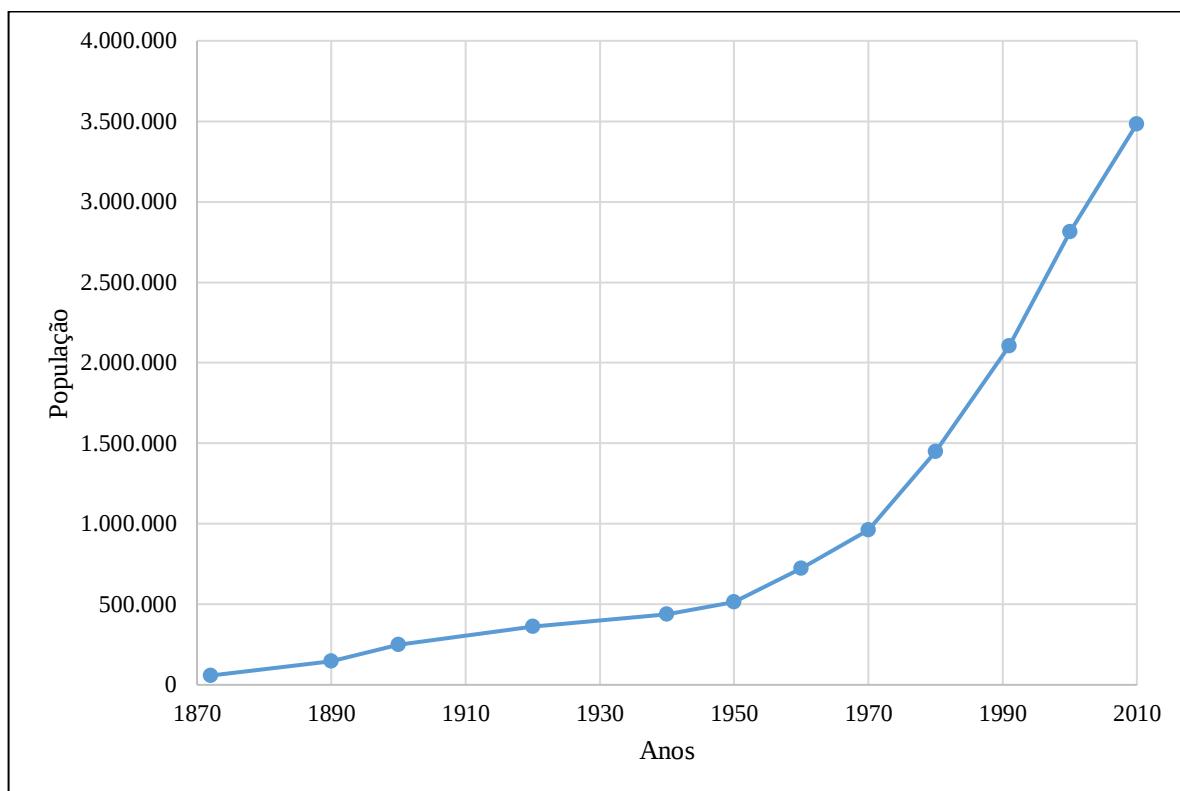


Fonte: IBGE, 2024.

Em virtude do município de São Gabriel da Cachoeira está situado no estado do Amazonas, é de extrema importância compreender o crescimento populacional nesse território, a fim de investigar qualquer possível correlação com a incidência de eventos extremos de precipitação nessa localidade. Ao analisar o período destacado no gráfico 49, observa-se que nos primeiros 98 anos (1872 a 1970), a população do Amazonas cresceu em 903.324 mil residentes. No subsequente intervalo, de meados de 1970 a 2010, houve um aumento significativo de cerca de 2.523.051 residentes, com um notável salto de crescimento entre 1970 e 1980. Em relação ao momento mais atual, os dados do censo do IBGE (2022) revelam que a população do Amazonas em 2022 alcança 3.941.613 habitantes, indicando um contínuo crescimento expressivo, com um incremento de 457.628 pessoas entre 2010 e 2022.

Esse cenário demográfico em evolução destaca a dinâmica populacional vigorosa no estado do Amazonas. Esse aumento constante da população pode ter impactos consideráveis nos padrões climáticos e eventos climáticos extremos, demandando uma análise mais profunda das possíveis conexões entre esses fatores para um entendimento abrangente das mudanças ambientais na região.

Gráfico 49 - População residente no estado do Amazonas (1872 - 2010)

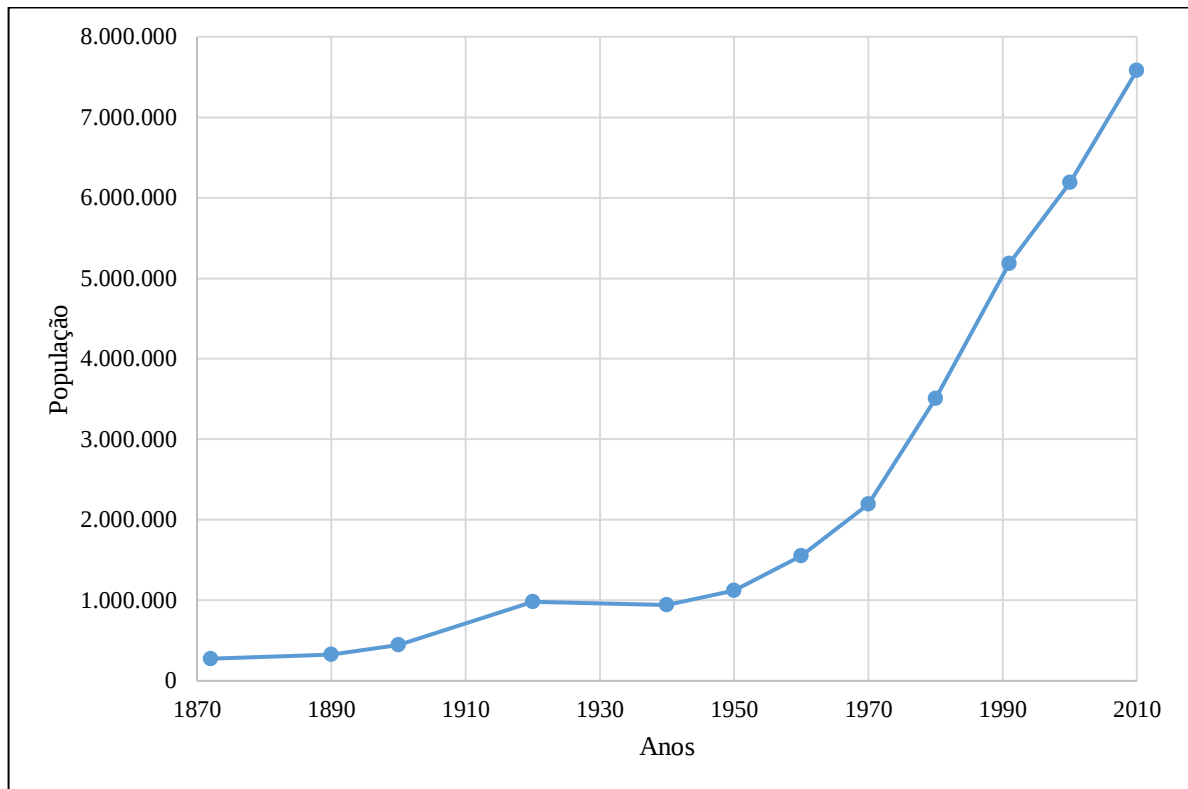


Fonte: IBGE, 2024.

Além disso, é fundamental enfatizar as análises relacionadas à população residente no estado do Pará, uma vez que o município de Monte Alegre está inserido nessa área territorial. O gráfico 50 ilustra a evolução do número de habitantes do Pará ao longo dos anos de 1872 a 2010, exibindo um padrão semelhante às variações observadas na evolução populacional tanto na região norte como no estado do Amazonas. Durante um período de 88 anos, de 1872 a 1960, o estado do Pará registrou um acréscimo de 1.275.698 residentes, enquanto nos 50 anos subsequentes esse crescimento foi ainda mais acentuado, totalizando um aumento de 6.030.116 habitantes.

Com base nos dados obtidos a partir do Censo Demográfico de 2022, é possível deduzir que a população do estado do Pará em 2022 seja de 8.120.131 residentes, representando um incremento de 539.080 habitantes em comparação com o ano de 2010. Essas informações sobre a dinâmica populacional do estado do Pará fornecem um contexto valioso para a compreensão das mudanças demográficas ao longo do tempo e sua possível influência nos eventos climáticos extremos e nos padrões de precipitação na região.

Gráfico 50 - População residente no estado do Pará (1872 - 2010)



Fonte: IBGE, 2024.

Essa transformação demográfica analisada demonstra o significativo crescimento que a região norte vivenciou nas últimas décadas. O aumento populacional sustentado ao longo desse período teve implicações profundas nos aspectos socioeconômicos, ambientais e climáticos da região. Esse crescimento acelerado, juntamente com as atividades humanas associadas, pode ter contribuído para alterações nos padrões climáticos e eventos extremos de precipitação. Explorar a interrelação entre o crescimento populacional e os eventos climáticos extremos é essencial para uma compreensão abrangente dos fatores que moldam a dinâmica regional e suas implicações para o futuro.

Em continuação, uma das consequências geradas pelo aumento da população está relacionado com o desmatamento, especialmente em regiões onde o crescimento demográfico ocorre de forma acelerada. À medida que mais pessoas habitam uma área, a demanda por recursos naturais, como terra para habitação, agricultura e infraestrutura, tende a aumentar. Isso pode levar à expansão das atividades agrícolas e à urbanização, resultando na derrubada de florestas para abrir espaço para novas construções e empreendimentos.

É notório que as causas do desmatamento também estão vinculadas a diversos motivos, porém o desmatamento tem sérias implicações ambientais, incluindo a perda de biodiversidade, a degradação do solo, a alteração dos padrões climáticos e a contribuição para as mudanças

climáticas. As florestas desempenham um papel vital na absorção de dióxido de carbono, um dos principais gases de efeito estufa responsáveis pelo aquecimento global. Quando as florestas são removidas, o carbono armazenado nelas é liberado na atmosfera, agravando o problema do aquecimento global. Ademais, sua remoção tem efeitos diretos na composição e no comportamento da atmosfera. Quando as árvores são derrubadas, ocorre uma série de consequências que afetam o clima e os padrões meteorológicos.

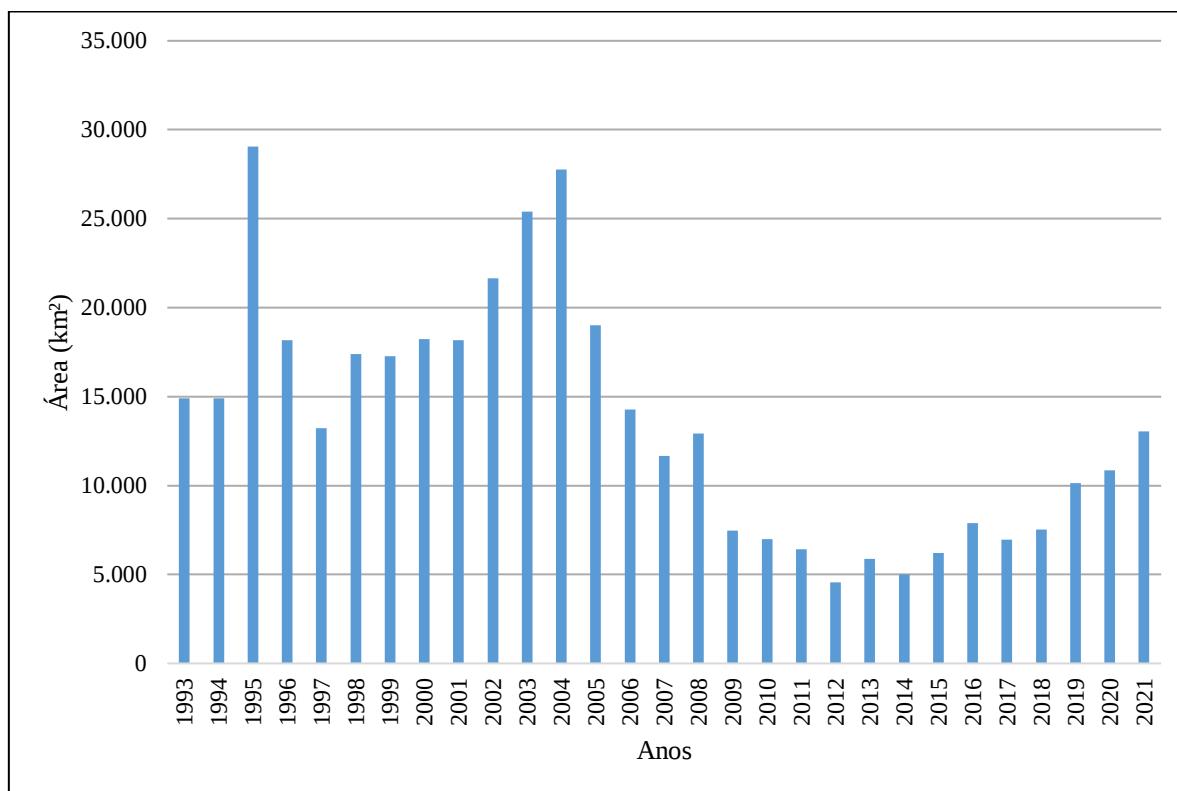
Além disso, as florestas também têm um papel fundamental na regulação do ciclo da água. Elas liberam vapor d'água para a atmosfera por meio do processo de transpiração das plantas, que posteriormente se condensa para formar nuvens e, eventualmente, precipitação. Com o desmatamento, a taxa de transpiração é reduzida, o que pode interferir no regime de chuvas em uma região. Isso pode resultar em secas prolongadas, escassez de água e impactos negativos na agricultura e na disponibilidade de recursos hídricos.

A remoção das florestas também pode resultar na alteração dos padrões de vento e na modificação da cobertura do solo, o que influencia a formação de microclimas locais. Essas mudanças podem ter impactos diversos, desde a modificação das temperaturas locais até a intensificação de eventos climáticos extremos.

Devido à significativa relação entre o desmatamento e a manifestação dos eventos extremos de precipitação, o gráfico 51 fornece informações sobre as taxas de desmatamento por quilômetro quadrado na região da Amazônia Legal. Essa área abrange 59% do território brasileiro e engloba oito estados integralmente (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins) e parcialmente o Estado do Maranhão. Compreender o cenário do desmatamento na região circundante às áreas de estudo é de extrema importância, pois permite a avaliação de possíveis correlações entre essa atividade e os padrões de ocorrência dos eventos climáticos extremos de precipitação.

O gráfico 51 demonstra uma dinâmica inicial de aumento das taxas de desmatamento durante o período de 1993 a 2004, com uma média de cerca de 19 mil km². No entanto, um desvio desse padrão é observado em 1995, quando ocorreu um aumento acentuado e abrupto no desmatamento, destoando das elevações graduais. A partir de 2004 até 2017, as taxas de desmatamento começaram a diminuir, resultando em uma média de aproximadamente 9 mil km². Entretanto, a partir desse intervalo temporal, as taxas voltaram a crescer, mantendo-se acima dos 10 mil km² em média. Vale notar que o pico mais alto de desmatamento foi registrado em 1995, com uma área de 29.059 km² desmatados, enquanto o ano de 2012 apresentou a menor taxa, com 4.571 km² de desmatamento.

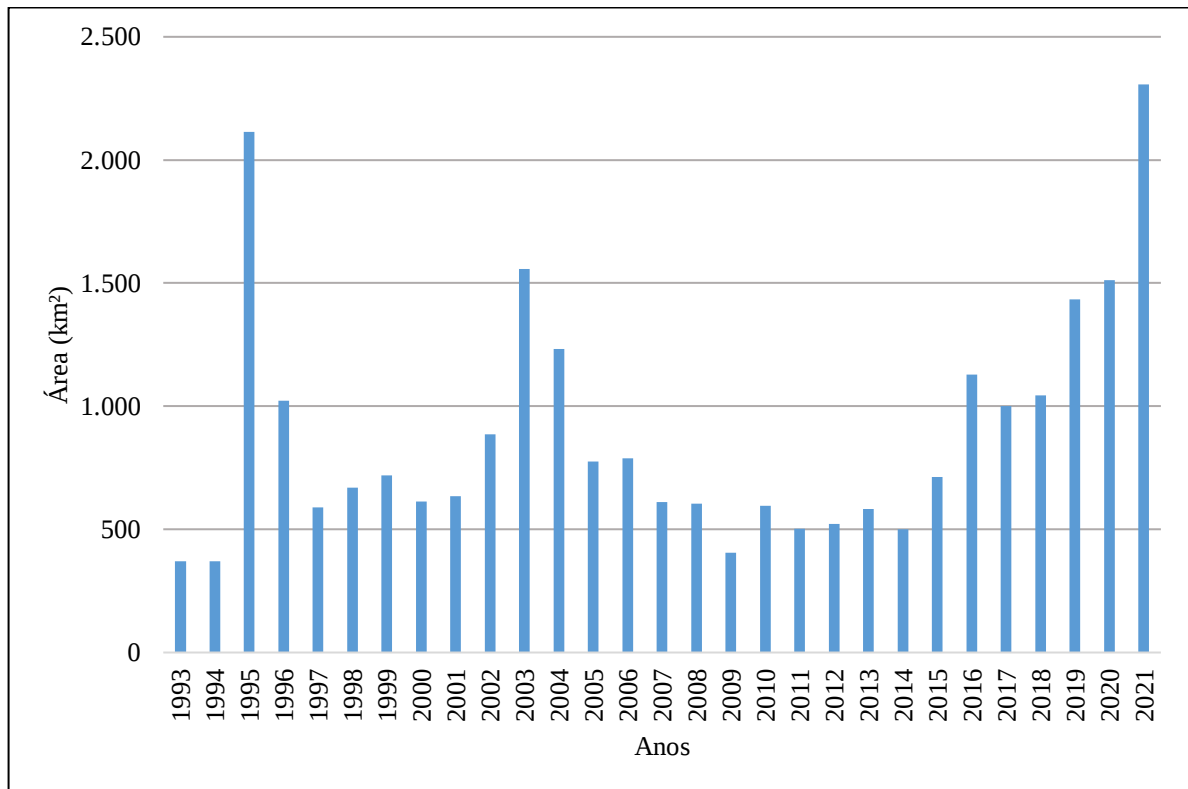
Gráfico 51 - Taxa de desmatamento na Amazônia legal (1993-2021)



Fonte: TerraBrasilis - Prodes, 2024.

No contexto específico do estado onde está situado o município de São Gabriel da Cachoeira, ou seja, o estado do Amazonas, o desmatamento entre os anos de 1993 a 2003 demonstrou um aumento gradual, porém com desvios anuais notáveis nos anos de 1995, 1996 e 2003 (gráfico 52). Durante essa primeira década, a média anual de desmatamento foi de aproximadamente 869 km². A partir de 2003, as taxas de desmatamento começaram a declinar, chegando a uma média de cerca de 853 km² até meados de 2009. Entre 2009 e 2014, o padrão de desmatamento foi mais estável, com menos variação entre altas e baixas, mantendo uma média anual de aproximadamente 518 km². Entretanto, de 2015 a 2021, houve uma retomada na variação ascendente das taxas de desmatamento, com uma média de cerca de 1.139 km² por ano. Um destaque é observado no ano de 2021, caracterizado por um valor anômalo de área desmatada. De modo geral, o ano com o maior registro de desmatamento foi 2021, atingindo um total de 2.306 km², enquanto os anos de menor desmatamento foram 1993 e 1994, com uma área desmatada de cerca de 370 km².

Gráfico 52 - Taxa de desmatamento no estado do Amazonas (1993-2021)

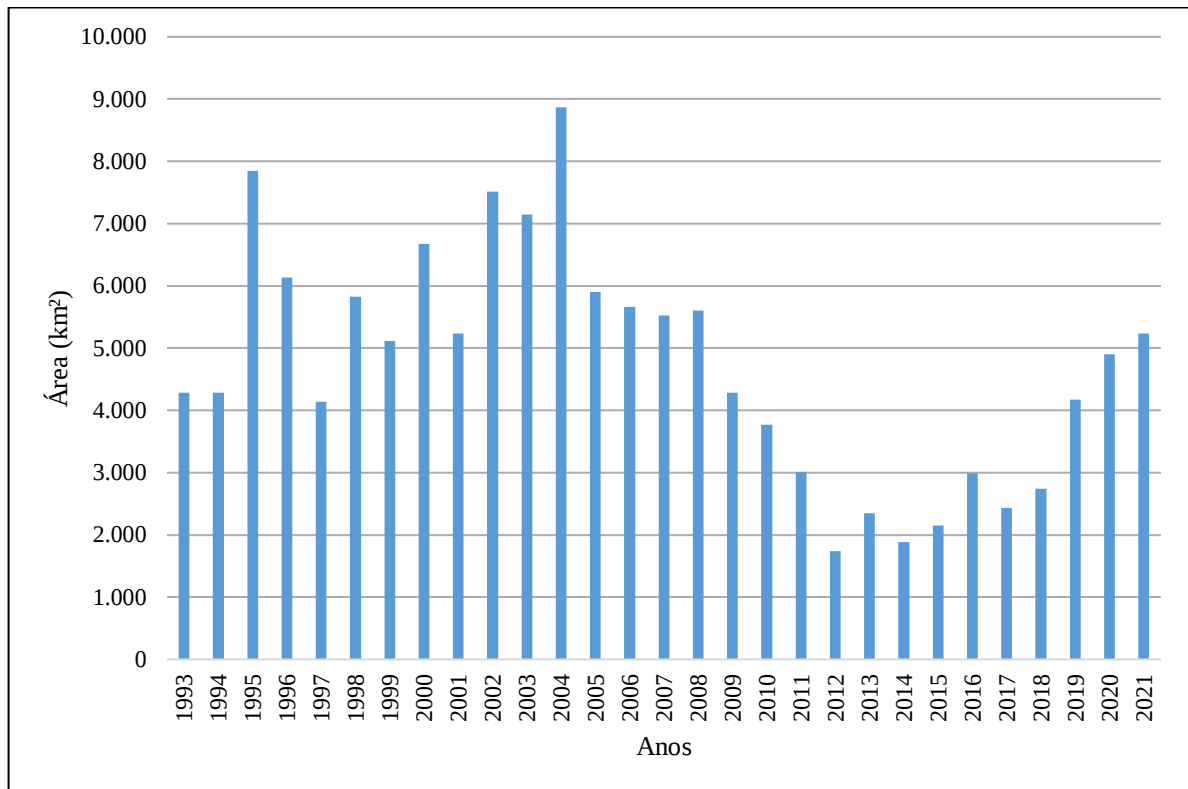


Fonte: TerraBrasilis - Prodes, 2024.

No que diz respeito a evolução do desmatamento no estado do Pará entre os anos de 1993 a 2021, o gráfico 53 retrata a flutuação dessa variável na área onde está localizado o município de Monte Alegre. Inicialmente, observam-se valores significativamente superior à média do estado do Amazonas, mas seguindo um padrão semelhante. No período de 1993 a 2004, é perceptível um padrão de aumento dos valores, com algumas flutuações bruscas, como exemplificado pela transição de 1994 para 1995. Nessa fase, a média anual de desmatamento foi de aproximadamente 6.088 km². A partir de 2004, as taxas de desmatamento experimentaram uma forte redução, estendendo-se até 2012, com uma média de cerca de 4.436 km² por ano. Entre 2013 e 2016, houve uma variação sem padrão definido, com alternâncias de valores, resultando em uma média de cerca de 2.345 km². Posteriormente, de 2019 a 2021, os índices de desmatamento voltaram a apresentar uma tendência de crescimento, com uma média de cerca de 3.987 km².

No geral, o ano com o maior registro de desmatamento foi 2004, alcançando um total de 8.870 km², enquanto o ano de menor desmatamento foi 2012, com uma área desmatada de aproximadamente 1.741 km². Esses números ilustram a complexa e variável dinâmica do desmatamento na região e seu possível impacto para o clima local e regional.

Gráfico 53 - Taxa de desmatamento no estado do Pará (1993-2021)



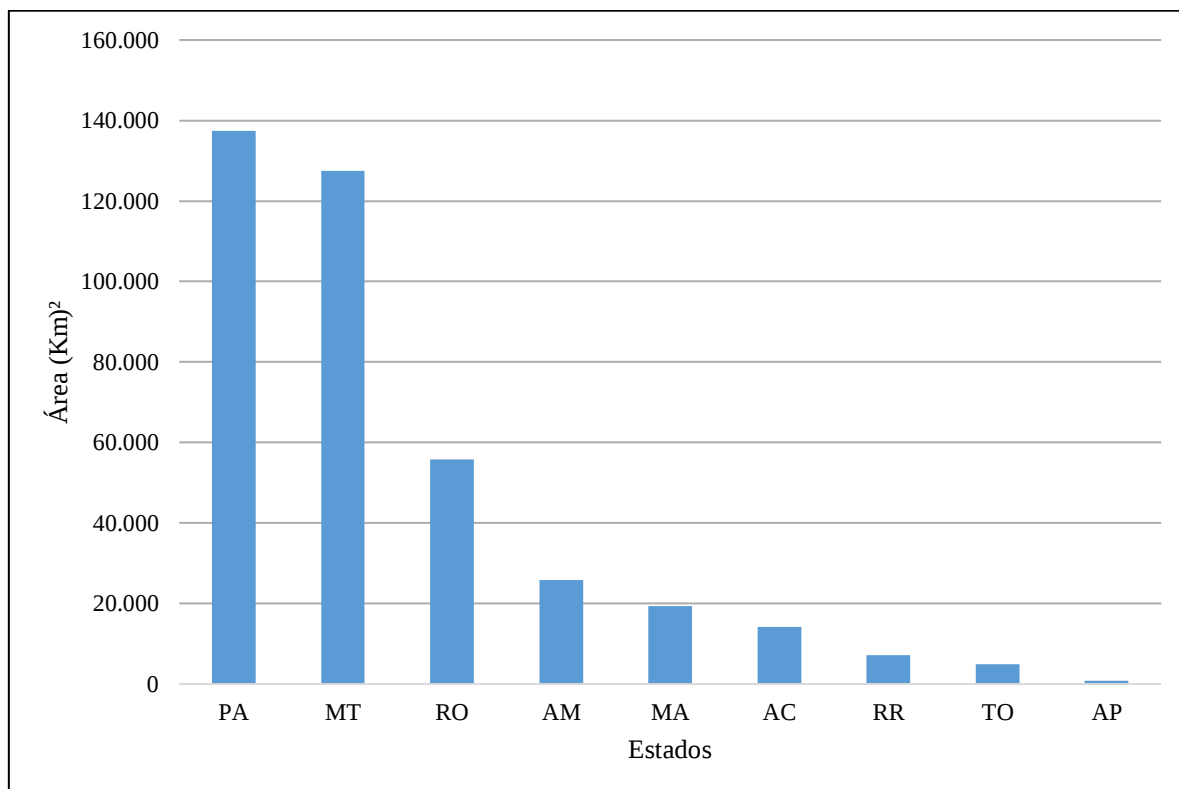
Fonte: TerraBrasilis - Prodes, 2024.

Para efeito de uma análise comparativa, o gráfico 54 destaca o desmatamento acumulado em todos os estados que compõem a Amazônia Legal durante o período de 1993 a 2021. Nessa representação gráfica, emerge que o estado do Pará e Mato Grosso apresentaram os piores índices gerais de desmatamento. Eles ocupam as posições mais elevadas nesse ranking, registrando taxas substancialmente mais altas em relação aos outros estados. O Pará, com um total de 137.415 km², e Mato Grosso, com 127.517 km², destacam-se como os estados mais impactados pelo desmatamento. A sequência subsequente de estados, em termos de índices no gráfico, inclui Rondônia, Amazonas com um total de 25.801 km², Maranhão, Acre, Roraima, Tocantins e Amapá, respectivamente. Esses números ilustram uma distribuição heterogênea dos níveis de desmatamento entre os estados da Amazônia Legal.

Entretanto, mesmo diante da significativa disparidade nas taxas de desmatamento entre os estados do Pará e do Amazonas ao longo dos 29 anos analisados, onde o Pará demonstrou uma vantagem significativa, a estação de São Gabriel da Cachoeira revelou uma clara predominância de ocorrências com as taxas de eventos extremos de precipitação nesse mesmo período. Nesse contexto, observou-se um número total de eventos, considerando os três critérios estabelecidos de extremos de chuva na pesquisa, cerca de 30% superior em comparação à estação de Monte Alegre.

É notável que os municípios abordados nesta pesquisa estão localizados em dois estados que estão entre os quatro mais afetados pelo desmatamento na Amazônia Legal. Isso sugere uma possível significativa contribuição para a ocorrência dos eventos extremos de precipitação nas áreas de estudo, assim como em toda a região. As atividades de desmatamento nessas regiões podem desempenhar um papel crucial na alteração dos padrões climáticos e eventos extremos, reforçando a importância de se entender as relações complexas entre esses fatores.

Gráfico 54 - Desmatamento acumulado nos estados da Amazônia legal (1993-2021)



Fonte: TerraBrasilis - Prodes, 2024.

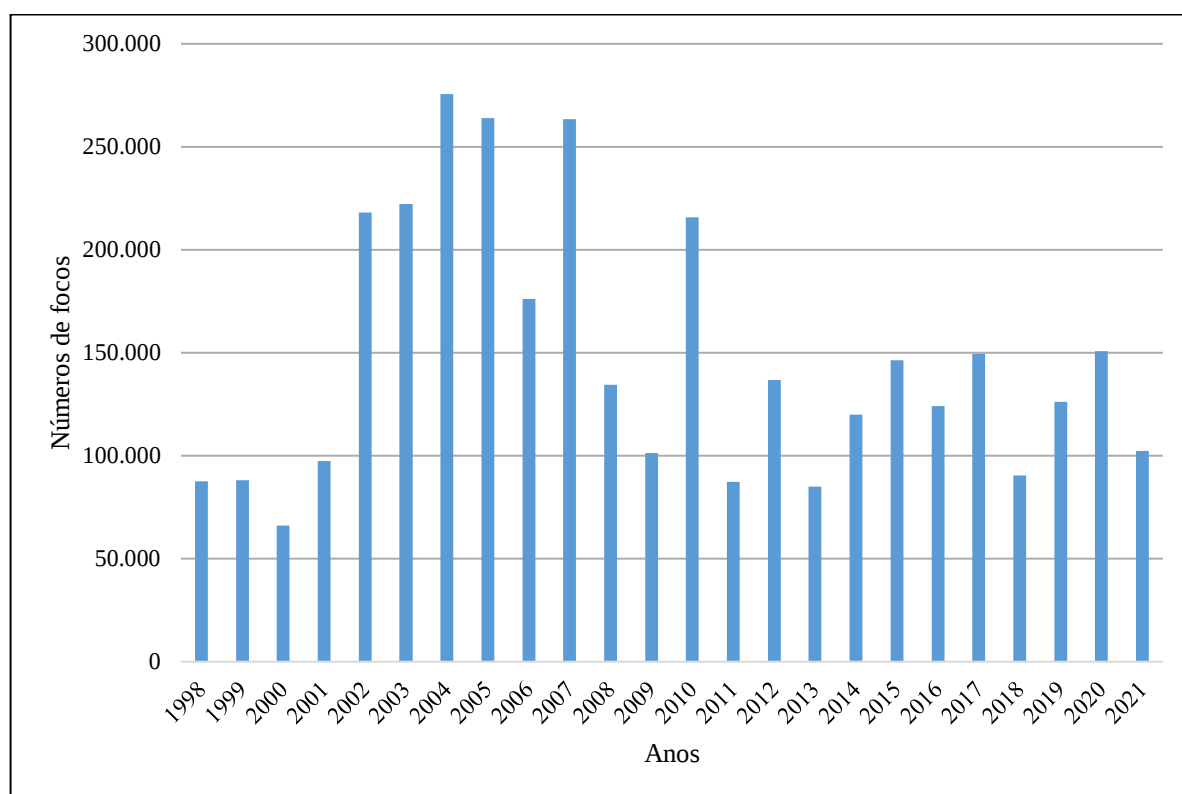
Ao comparar as taxas de desmatamento na Amazônia Legal (Gráfico 51) e no estado do Amazonas (Gráfico 52) com a ocorrência anual de eventos extremos em São Gabriel na Cachoeira (Gráfico 10), não se observou uma correlação geral entre as variações desses gráficos.

Por outro lado, ao confrontar as taxas de desmatamento na Amazônia Legal (Gráfico 51) e no estado do Pará (Gráfico 53) com a frequência anual de eventos extremos em Monte Alegre (Gráfico 11), apenas uma correlação parcial foi evidente, relaciona aos critérios ≥ 30 mm durante um período específico. Essa associação parcial se justifica pelo aumento uniforme das taxas de desmatamento e eventos extremos ≥ 30 mm nos últimos anos da série temporal analisada.

Em conjunto com o desmatamento, as queimadas podem ser acrescentadas como uma das outras problemáticas que assolam a Amazônia. As queimadas, muitas vezes resultantes da atividade humana, como desmatamento e práticas agrícolas inadequadas, podem influenciar os padrões de precipitação de várias maneiras, incluindo na ocorrência dos eventos extremos de precipitação.

Com o intuito de explorar essa questão, o gráfico 55 fornece uma representação do total de focos de queimadas por ano na região da Amazônia Legal ao longo do período de 1998 a 2021. Os quatro primeiros anos abordados no gráfico, de 1998 a 2001, mantiveram uma média de 84.809 focos de queimada por ano, não demonstrando um padrão de variabilidade distinto. Contudo, após esse período, os números aumentaram significativamente, mantendo uma média de 236.596 focos entre os anos de 2002 a 2007. Essa fase foi caracterizada como um intervalo temporal de alta incidência de focos de queimadas. Entre os anos de 2008 e 2021, houve uma diminuição nos valores, mantendo-se com uma média de 126.401 focos de queimadas por ano. Nesse período, os dados exibem uma flutuação com aumentos e reduções nos números de focos. É interessante notar que o ano de 2004 registrou a maior quantidade de focos de queimadas, totalizando 275.605 ocorrências. Em contrapartida, o ano com a menor quantidade de focos de queimadas foi 2000, com um total de 66.125 focos. Essas variações nos focos de queimadas ao longo do tempo refletem a complexa interação entre fatores climáticos, atividades humanas e mudanças no uso da terra na região da Amazônia Legal. Tais focos de queimadas podem ter implicações diretas nos eventos extremos de precipitação.

Gráfico 55 - Total anual de focos de queimadas na Amazônia Legal (1998-2021)



Fonte: Programa Queimadas - INPE, 2024.

Ao confrontar o número anual de focos de queimadas na Amazônia Legal (Gráfico 55) com os eventos extremos anuais em São Gabriel da Cachoeira (Gráfico 10), nota-se somente uma correlação parcial entre a dinâmica de queimadas e os critérios de extremos ≥ 50 mm. Essa relação se evidencia pelo comportamento semelhante das duas variáveis nos gráficos, revelando um padrão de maior incidência entre o início da década de 2000 e meados da primeira década do século XXI.

Da mesma maneira, ao comparar a dinâmica de focos de queimadas (Gráfico 55) com os eventos extremos anuais em Monte Alegre (Gráfico 11), observa-se também uma relação pouco consistente entre as variáveis. Destaca-se apenas a similaridade entre os focos de queimadas e os extremos ≥ 30 mm, ambos apresentando maiores ocorrências desde o início da década de 2000 até meados de 2011.

Além das discussões anteriores sobre os possíveis determinantes dos eventos extremos de precipitação, é relevante considerar a influência dos sistemas atmosféricos de meso e grande escala, conforme abordado no capítulo 3.1. Entre os sistemas atmosféricos que impactam e têm potencial contributivo para a ocorrência desses extremos de precipitação nas áreas de estudo, merecem destaque os fenômenos de grande escala denominados ZCIT (Zona de Convergência

Intertropical), as friagens, a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e o fenômeno La Niña, bem como de meso escala como o caso das LI's (Linhas de Instabilidade).

Esses sistemas, por sua natureza e dinâmica, podem exercer influência direta sobre a distribuição e intensidade das chuvas, potencializando a ocorrência de eventos extremos. Portanto, a análise de sua interação com os demais fatores já discutidos amplia a compreensão dos padrões climáticos e seus impactos na precipitação extrema.

A partir da compreensão no início deste capítulo acerca da variação dos eventos extremos de precipitação ao longo dos meses do ano nas estações de São Gabriel da Cachoeira e Monte Alegre, busca-se em conjunto com o entendimento sobre os períodos nos quais os sistemas atmosféricos atuam com maior força ao longo do ano na região amazônica identificar possíveis relações temporais entre esses sistemas e a ocorrência dos eventos extremos de precipitação.

A princípio, ressalta-se a atuação do sistema de grande escala denominado Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). De acordo com Rocha (2001), a ZCIT e suas interações com outros sistemas são responsáveis por cerca de 70% da precipitação na região Amazônica. De modo geral por meio de atores tem seu período de forte atuação na região amazônica de fevereiro a maio, tendo pequenas distinções entre os meses de acordo com cada autor. A literatura, exemplificada por estudos como os de Frierson et al., (2013) e Souza et al., (2004), sugere que a ZCIT tem maior impacto nos meses de março a maio. Por outro lado, pesquisas como as de Amanajás e Braga (2012) somado a Xavier et al., (2000) que indicam a sua atuação de março a abril. Além disso, Silva Ferreira et al., (2015) descreve que a ZCIT migra para sua posição mais austral entre fevereiro e abril.

Visto que a influência da ZCIT na precipitação se desenvolve em toda a região amazônica, englobando os dois municípios estudados nesta pesquisa, dessa maneira é possível uma análise entre os períodos temporais de ocorrência da ZCIT e a comparação temporal mensal da variação dos extremos de precipitação em São Gabriel e Monte Alegre. Como já foi descrito, o período que a ZCIT se intensifica em seus efeitos na região corresponde aos meses de fevereiro a abril. Os meses com maior número de eventos em São Gabriel da Cachoeira sucedem em geral de novembro a maio, enquanto que em Monte Alegre acontece de dezembro a maio. Portanto, evidencia-se uma certa correlação, onde os períodos da ZCIT estão inseridos dentro do intervalo temporal de maior número de eventos nos dois municípios.

No que corresponde ao sistema atmosférico denominado Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), verifica-se segundo Nobre et al., (2009), CARVALHO et al., (2004) e

Quadro et al., (2012) que o período com maior impacto na região amazônica está vinculado com os meses de dezembro a fevereiro, em um momento caracterizado pelo verão do Hemisfério Sul.

A ZCAS exerce influência na precipitação principalmente na região central (Oliveira, 2019) e centro-sul da Amazônia (Carvalho et al., 2004). Como previamente mencionado, o período em que a ZCAS exerce seus efeitos mais intensos na região abrange os meses de dezembro a fevereiro. No que diz respeito aos meses com a maior ocorrência de eventos, em São Gabriel da Cachoeira este período geralmente abrange de novembro a maio, enquanto em Monte Alegre ocorrem de dezembro a maio. Desse modo, para efeito de comparação, emerge uma certa associação, uma vez que os períodos da ZCIT estão contidos no intervalo temporal de maior número de eventos nos dois municípios.

Em conjunto com esses sistemas atmosféricos, destaca-se a atuação da Massa Equatorial Continental, a qual se caracteriza por um período de intensificação durante a estação chuvosa na Amazônia e verão no hemisfério sul, ocorrendo assim geralmente de dezembro a março. Esta massa de ar desempenha um papel crucial na região amazônica, contribuindo significativamente para o alto volume pluviométrico observado. Esse fenômeno possibilita não apenas a sustentação dos rios e ecossistemas aquáticos, essenciais para a rica biodiversidade local, mas também apresenta desafios consideráveis. A intensidade das chuvas associada a essa massa equatorial continental pode resultar em eventos extremos de precipitação, tais como inundações e deslizamentos de terra, impactando negativamente tanto os ecossistemas quanto as comunidades humanas que dependem diretamente dos recursos naturais da Amazônia.

Portanto, considerando que os meses com a maior incidência de ocorrências em São Gabriel da Cachoeira abrangem de novembro a maio, ao passo que em Monte Alegre ocorrem de dezembro a maio, quando comparados com os meses em que a friagem se manifesta, ou seja, de abril a setembro, não se percebe, de maneira geral, uma associação entre os períodos de maior intensidade dos eventos extremos na região amazônica e os períodos de atuação da friagem.

Diferentemente dos outros sistemas atmosféricos, as Linhas de Instabilidade conforme os autores Oliveira et al., (2016) tem influência no clima da região amazônica em todos os períodos do ano, porém sua atuação é mais intensa durante os meses de abril a julho. No entanto, os trabalhos de Silva Dias et al., (2005) e Alcântara et al., (2011) alegam que as Linhas de Instabilidade têm maior ocorrência entre abril e agosto.

Ainda que as linhas de instabilidade sejam formadas na faixa costeira norte-nordeste do Oceano Atlântico, as LI's são responsáveis pela influência na precipitação na Amazônia Central em meio a estação seca e em certos casos pode atingir o extremo oeste da Amazônia (Cohen et al., 1989).

Portanto, a partir da análise dos registros de eventos extremos de precipitação, a maioria das ocorrências em São Gabriel da Cachoeira ocorre entre novembro e maio, enquanto em Monte Alegre são observadas entre dezembro e maio. Estas informações quando comparada com os meses em que as linhas de instabilidade se manifestam com maior vigor, ou seja, de abril a agosto, revelam que não há uma forte ligação entre os períodos de maior intensidade dos eventos extremos na região amazônica e os períodos de ação das LI's.

Ressalta-se ainda o entendimento acerca da relação entre os anos de ocorrência do fenômeno La Niña e as dinâmicas anuais de eventos extremos de precipitação na Amazônia. La Niña é um fenômeno climático global que influencia significativamente os padrões de precipitação na região amazônica. Durante os episódios de La Niña, ocorre um resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico Equatorial, o que acarreta impactos climáticos em várias partes do mundo.

A ocorrência do La Niña afeta a circulação atmosférica, resultando em mudanças nos padrões de vento e na distribuição de chuvas. Isso pode levar a um aumento das chuvas na região amazônica, intensificando os eventos de precipitação extrema. As áreas que já são propensas a receber altos índices pluviométricos podem experimentar volumes ainda maiores de chuva, resultando em inundações, deslizamentos de terra e outros desastres naturais.

De acordo com os dados do CPTEC, os anos com ocorrência do fenômeno La Niña no período de 1993 a 2021, sucedeu com efeitos fracos em 1998 a 1999 e com características de intensidade moderadas entre 1999 a 2000, 2007 a 2008, 2010 a 2011 e 2017 a 2018, não tendo assim no intervalo temporal de estudo a ocorrência do La Niña com impactos considerados fortes.

Comparando com os registros anuais de precipitação extrema em São Gabriel da Cachoeira, no ano de 1998 não houve manifestação de anomalia nos eventos de intensidade ≥ 30 mm, ≥ 50 mm e ≥ 70 mm. Já em 1999, foi possível notar uma média significativa alta nos eventos ≥ 30 mm e ≥ 50 mm, porém não tendo valores acentuados de eventos ≥ 70 mm. No ano 2000, observa-se um índice considerável apenas nos eventos ≥ 30 mm. Em 2007, não se registram valores elevados em nenhuma das categorias de eventos. No ano subsequente, 2008, apenas os eventos ≥ 30 mm exibiram quantidades notáveis. No ano de 2010, os eventos ≥ 50 e

≥ 70 mm demonstraram valores elevados. Em 2011, os eventos ≥ 30 mm, ≥ 50 mm e ≥ 70 mm apresentaram uma considerável quantidade. Em 2017 observa-se valores substanciais dos eventos ≥ 30 mm e ≥ 50 mm. Em 2018, ressalta-se que os eventos ≥ 30 mm, ≥ 50 mm e ≥ 70 mm exibiu valores notáveis.

Em comparação com os dados anuais de eventos extremos de precipitação em Monte Alegre, no ano de 1998 não se evidenciou anormalidades nos eventos de ≥ 30 , ≥ 50 e ≥ 70 mm. Em 1999 destaca-se que a quantidade de eventos foi elevada em eventos ≥ 30 mm e ≥ 70 mm, e de maneira leve nos eventos ≥ 50 mm. Em 2000 os dados de eventos tiveram alto índice somente nos eventos ≥ 30 mm. Em 2007 nenhuma das medidas de eventos apresentaram altos valores. Em 2008 apenas os eventos ≥ 30 mm e ≥ 50 mm demonstraram elevadas quantidades de taxas. Em 2010 de todos os tipos de eventos, apenas os eventos ≥ 50 constaram valores sutilmente elevados. Em 2011 os eventos ≥ 30 e ≥ 70 tiveram os maiores índices da linha temporal, enquanto que os eventos ≥ 50 apesar não ser o maior da série temporal, apresentou grande quantidade. Em 2017 nenhum dos tipos eventos caracterizou-se por elevadas quantidades. Em 2018 salienta-se que nenhum dos tipos eventos apontaram valores altos.

Salienta-se em meio ao período de estudo da pesquisa, o acontecimento do ano de maior cheia do Rio Negro impactando fortemente a região amazônica, alcançando a marca de 30,02 m (CPRM, 2021). Os eventos extremos de inundação manifestaram-se predominantemente na área central da bacia do Amazonas, abrangendo localidades como Manaus, Manacapuru (rio Solimões), Careiro da Várzea, Itacoatiara e Parintins (rio Amazonas). Adicionalmente, inundações de grande magnitude foram registradas ao longo de toda a extensão do rio Negro, resultando em níveis fluviais sem precedentes nos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Barcelos.

Segundo o relatório do CPRM (2021), a partir do segundo semestre de 2020, observou-se que o índice que identifica o evento ENOS, conhecido como "Oceanic Niño Index, ONI," relativo à região Nino 3.4, começou a mostrar sinais de desenvolvimento. Os valores mensais de ONI registrados em 2020 e 2021 são apresentados no quadro 6, destacando em negativo os trimestres característicos do fenômeno. O evento La Niña foi oficialmente reconhecido após o terceiro trimestre consecutivo de índices negativos, especificamente ao final do trimestre Setembro-Outubro-Novembro de 2020.

Quadro 6 - Oceanic Niño Index (ONI) sobre a região Niño 3.4

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0

Fonte: NOAA - https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

Ao detalhar a dinâmica de eventos extremos de precipitação em 2020 e 2021 nas duas estações, evidencia-se que apenas no critério maior ou igual a 50 mm em Monte Alegre o ano de 2020 foi classificado como o de maior nº de eventos. Contudo, notou-se quantidades consideráveis nas duas estações, sobretudo nos critérios ≥ 30 mm e ≥ 50 mm em ambas as estações. No que se refere ao critério ≥ 70 mm, constatou-se um alto volume somente na estação de Monte Alegre.

Os fenômenos La Niña e ZCIT, como já foram abordados em capítulos anteriores, possuem relação com modificações na temperatura superficial do Mar do Oceano Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical, respectivamente. Sendo assim, conforme apontado por pesquisadores como Souza et al., (2005, 2009) e Lopes et al., (2013), na região amazônica, a ocorrência de eventos extremos pode estar associada a mudanças nas temperaturas da superfície do mar. A interação entre o oceano e a atmosfera no Pacífico Equatorial e no Atlântico Tropical é um fator que pode causar alterações na configuração da circulação atmosférica global, desempenhando um papel significativo na variabilidade interanual da distribuição das chuvas na área, abrangendo influência tanto a escala espacial quanto temporal.

Para evidenciar a dinâmica temporal de ocorrência dos fenômenos e dos eventos extremos em São Gabriel da Cachoeira e Monte Alegre, os quadros 7 e 8 abaixo retratam de forma exemplificada os fatos abordados nesta parte final do capítulo 5. No que corresponde aos fenômenos Zona de Convergência Intertropical, Zona de Convergência do Atlântico Sul, Linha de instabilidade e Massa Equatorial Continental, as cores em verde retratam os meses de atuação, enquanto que os meses em branco o período de fraca atuação destes fenômenos nas áreas estudadas. Nas 2 últimas linhas, onde são apresentadas a dinâmica dos eventos extremos de precipitação e período chuvoso e de seca, os meses com cores em azul indicam o período com maiores taxas, por outro lado os meses com cores em amarelo os com menores taxas.

Legenda dos Quadros 7 e 8

- Período de forte atuação
- Período de fraca atuação
- Período de maior quantidade das taxas
- Período de menor quantidade das taxas

Quadro 7 - Dinâmica temporal de ocorrências em São Gabriel da Cachoeira

VARIÁVEIS EM SGDC	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZCIT												
ZCAS												
LINHA DE INSTABILIDADE												
MASSA EQUATORIAL CONTINENTAL												
EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO												
PERÍODO CHUVOSO E DE SECA												

Elaboração: CRAMER, 2024.

Quadro 8 - Dinâmica temporal de ocorrências em Monte Alegre

VARIÁVEIS EM M. ALEGRE	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZCIT												
ZCAS												
LINHA DE INSTABILIDADE												
MASSA EQUATORIAL CONTINENTAL												
EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO												
PERÍODO CHUVOSO E DE SECA												

Elaboração: CRAMER, 2024.

É fundamental enfatizar que, embora a dinâmica dos eventos extremos de precipitação nas duas estações seja mais intensa durante o período chuvoso, caracterizado pela maior ocorrência de fenômenos atmosféricos, não se pode negligenciar a possibilidade de que os eventos extremos que ocorram por fora dessa faixa temporal possam estar sujeitos à influência de fenômenos que não apresentam correlações temporais no contexto teórico. Portanto, a compreensão abrangente dessas nuances é crucial para uma análise completa e precisa dos padrões de eventos extremos de precipitação nessas áreas de estudo.

Em linhas gerais, por intermédio da análise de dados numéricos que envolvem atividades humanas e características geográficas da região da pesquisa, combinados com os

fundamentos fornecidos por diversos autores sobre os momentos e padrões de ocorrência de fenômenos, as variáveis discutidas anteriormente apresentam suposições que indicam uma possível relação com os eventos extremos de precipitação nas regiões estudadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao concluir esta investigação sobre os eventos extremos de precipitação nas áreas de estudo, fica evidente a necessidade premente de compreender e analisar esses fenômenos climáticos. As mudanças climáticas, cujos impactos vêm afetando de maneira direta e indireta a vida cotidiana global, têm desencadeado eventos extremos de precipitação, tornando-os mais frequentes e intensos, especialmente na Amazônia, com suas características pluviométricas singulares.

Diante dos dados de precipitação coletados de 01/01/1993 a 31/12/2021, foi possível inicialmente compreender que os dois municípios apresentaram índice de elevação da precipitação a partir de 2005, com a estação amazonense tendo aumento de anos com valores acima de 3000 mm, à medida que Monte Alegre evidenciando cada vez mais anos com taxas acima de 2000 mm, estando somente os eventos ≥ 30 mm nas duas estações com dinâmica similar ao comportamento pluviométrico ao longo dos 29 anos.

No que concerne a dinâmica dos eventos extremos de precipitação, por meio dos critérios estabelecidos de precipitação ≥ 30 mm, ≥ 50 mm e ≥ 70 mm, observou-se que São Gabriel atingiu um número total de eventos, nos três critérios, de 30% a mais em comparação a estação de Monte Alegre, confirmando assim ser um local com maiores ocorrências dos extremos, assim como com maiores índices pluviométricos. Contudo, Monte Alegre apresentou ainda assim o dia com maior taxa pluviométrica com 175,4 mm no dia 17/11/2019, em contraposição São Gabriel apenas atingiu 150 mm em 12/02/1993.

A respeito do comportamento dos eventos extremos ao longo dos 29 anos nas duas estações, somente os eventos com critérios ≥ 50 mm obtiveram certa igualdade em suas dinâmicas, posto que em São Gabriel houve uma leve ascensão das ocorrências entre 2002 a 2016, enquanto que em Monte Alegre se sucedeu um leve aumento de 2003 a 2012.

Agrega-se que os períodos mensais de maiores e menores quantidades de eventos nas duas estações possuem uma variação correlata ao período chuvoso e de seca constatados nos respectivos municípios. Desta forma, verificou-se em São Gabriel maiores números de eventos de novembro a maio e os menores números eventos de junho a outubro, enquanto em Monte Alegre as maiores taxas corresponderam de dezembro a maio e os menores valores de junho a novembro, seguindo de modo geral a dinâmica de precipitação.

Sendo assim, os resultados obtidos das dinâmicas de extremos nas duas estações seguem os pressupostos indicados e tratados no delineamento do estudo, ou seja, constatando a ascensão

das taxas de eventos extremos de precipitação e o comportamento da variável diferente para estas duas porções da região amazônica.

No entanto, além do entendimento acerca dos padrões de ocorrência, foi possível compreender alguns dos possíveis fatores desencadeantes desses eventos extremos, especialmente nas áreas estudadas. Observou-se que o período de maiores índices de eventos extremos sucedeu no mesmo intervalo temporal de abrangência e forte atuação dos fenômenos atmosféricos ZCIT, ZCAS, Massa Equatorial Continental e Linha de Instabilidade. Outro fenômeno climático de grande importância e de possível influência diz respeito ao La Niña. Ao se tentar relacionar com o fenômeno La Niña, verificou-se que nos de 1999 e 2011 houve a atuação da La Niña e altas ocorrências de extremos nas duas estações, gerando assim possível influência.

Essa pesquisa enfrenta a complexidade associada às mudanças no sistema climático natural, a intervenção de vários fenômenos naturais e às possíveis influências das ações humanas, permeado por uma lógica de reprodução do capital sem levar em conta a preservação e conservação da natureza.

O desenvolvimento dos eventos extremos de precipitação ocorre em meio à evolução de um conjunto de fatores contribuintes, pautado pela ascensão da temperatura global terrestre e oceânica tanto do mundo como da América do Sul, sobretudo a partir da década de 70, somado ao aumento do número de automóveis em um país caracterizado pelo modal rodoviário. Acrescenta-se o alto nível de aumento populacional tanto na região norte, como nos estados do Amazonas e Pará a partir da década de 70.

Ambas as estações situadas em uma região conhecida por suas riquezas naturais enfrentam desafios decorrentes do intenso desmatamento e ocorrências frequentes de queimadas. Diante da complexidade em estabelecer uma correlação confiável entre desmatamento, incêndios florestais e eventos climáticos extremos, este estudo pode fornecer uma base para investigações futuras que abordem essa análise multivariada. Essas pesquisas podem empregar técnicas e abordagens mais específicas para essa finalidade.

Outras técnicas podem ser utilizadas nas pesquisas dos eventos extremos, como o uso dos percentis, quartis e correlação linear, possíveis de serem adotadas em estudos futuros buscando lograr o alcance de resultados mais detalhados. Apesar da presente pesquisa não utilizar nenhuma destas técnicas, este trabalho atingiu bons resultados, com uma qualificada descrição e perguntas norteadoras importantes para pesquisas posteriores, que podem aprofundar a temática com outros métodos.

Acrescenta-se a falta de bases teóricas de estudos anteriores acerca desta temática para os dois municípios, partindo assim da disponibilidade de informações acerca de outras áreas ou de estudos mais abrangentes sobre a região, dificultando assim na associação entre fatores e eventos e o porquê do desenvolvimento desta variável de distinta forma nestes respectivos locais.

Portanto, o terceiro objetivo específico da pesquisa, caracterizado pela busca de resposta acerca dos possíveis fatores das ocorrências dos eventos extremos nas estações, apresentou certa limitação, posto que com o uso de dados em uma escala espacial pequena, menor é a segurança da correlação dos fatores com os eventos nas duas estações.

A vulnerabilidade das populações amazônicas a esses eventos, junto com suas consequências abrangentes, reforça a urgência de aprofundar o conhecimento sobre seu comportamento, não apenas para ampliar a compreensão desses eventos extremos, mas também para direcionar estas informações para o planejamento agrícola, gestão de recursos hídricos, atividades socioeconômicas, embasar políticas públicas visando gestão de riscos e estratégias de adaptação com a finalidade maior de mitigar os impactos na região.

Ressalta-se neste estudo a relevância de uma análise entre duas regiões amazônicas diante do contexto das mudanças climáticas. A ênfase pelo estudo também de um município localizado na região ocidental da Amazônia brasileira é resultado da importância de explorar uma área com menor quantidade de estudos e pesquisas sobre este tema, oferecendo uma visão mais completa sobre esses fenômenos climáticos em um ponto do Brasil pouco explorado.

Ademais, esta pesquisa representa uma abordagem inicial sobre o tema tendo a necessidade de maior aprofundamento. Destaca-se a importância de estudos futuros para a compreensão mais completa dos fatores contribuintes da dinâmica dos eventos extremos de precipitação nessas localidades.

Portanto, sugere-se ainda investigações subsequentes que adotem uma perspectiva regional, abrangendo todas as áreas da Amazônia Brasileira, visando a realização de comparações. Além disso, a ampliação desse entendimento pode ser enriquecida por meio de um estudo temporal de maior período, apesar da dificuldade de coleta de dados mais antigos por conta das falhas, oferecendo uma visão temporal mais completa espacialmente sobre esses fenômenos climáticos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, D. K.; SOUZA, E. P.; COSTA, A. A. Convecção úmida na Amazônia: implicações para modelagem numérica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 168-178, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862009000200006>.
- AGOSTINHO, C. L.; NASCIMENTO, L.; CAVALCANTI, B. F. Uma abordagem sobre aquecimento global numa proposta para a educação de jovens e adultos-EJA. **Revista Lugares de Educação**, v. 2, n. 3, setembro de 2012, p. 47-64. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/rle/article/view/12800>.
- ALCÂNTARA, C. R.; SILVA DIAS, M. A. F.; SOUZA, E. P.; COHEN, J. C. P. Verification of the Role of the Low Level Jets in Amazon Squall Lines. **Atmospheric Research**, v. 100, p. 36-44, 2011.
- ALMEIDA, C. T.; DELGADO, R. C.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F.; GOIS, G.; CAVALCANTI, A. S. Avaliação das Estimativas de Precipitação do Produto 3B43-TRMM do Estado do Amazonas. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 279-286, 2015.
- ALVARES, C. A. STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 423-434, 2012. DOI: 10.1590/s0102-77862012000400006.
- AMORIM NETO, A.; SATYAMURTY, P.; CORREIA, F. W. Some observed characteristics of frontal systems in the Amazon Basin. **Meteorological Applications**, v. 22, p. 617-635, 2015.
- AMORIM, M. C. C. T. Nota de pesquisa: Métodos e Técnicas de Pesquisa em Climatologia Geográfica. **Revista Geografia em Atos (Geoatos online)**, v. 03, n. 10, p. 255-260, jan.-abr., 2019.
- ANANIAS, D. S.; SOUZA, E. B.; SOUZA, P. F. S.; SOUZA, A. M. L.; VITORINO, M. I.; TEIXEIRA, G. M. Climatologia da estrutura vertical da atmosfera em novembro para Belém-

PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 218-226, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862010000200006>.

ANDER-EGG, E. **Introducción a las técnicas de investigación social: para trabajadores sociales**. 7. ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978.

ANDERY, M. A.; MICHELETTO, N.; SÉRIO, T. M. P.; RUBANO, D. R.; MOROZ, P.; MARIA, E.; GIOIA, S. C.; GIANFALDONI, M.; SAVIOLI, M. R.; ZANOTTO, M. L. **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora EDUC, 2004.

ANDRADE, A. R. de; SCHMIDT, L. P. **Metodologias de pesquisa em geografia**. Repositório Unicentro, [Paraná], 2015. Disponível em: <http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/handle/123456789/929>. Acesso em: 01 jul. 2023.

ANDRÉ, I. R. N. Algumas considerações sobre mudanças climáticas e eventos atmosféricos severos recentes no Brasil. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 1, p. 1-9, 2006.

ANDREAZZE, R.; MOTTA, C. S. Besouros Dinastíneos (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae) de Querari, município de São Gabriel da Cachoeira, estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v.32, n.4, p.725-727, 2002.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 1, p. 63-74, 2007. DOI: 10.1590/S0102-77862007000100007.

ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epistemologia e Serviços da Saúde**, v. 24, n. 1, p. 565-576, 2015.

ARAÚJO, H. M. de. Clima e Condições Meteorológicas. In: SANTOS, V. M. dos. **Geografia de Sergipe**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2012. Disponível em: http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/14332316012013Geografia_de_Sergipe_Aula_3.pdf. Acesso em: 12 fev. 2023.

ARTAXO, P.; DIAS, M. A. F. S.; NAGY, L.; LUIZÃO, F. J.; CUNHA, H. B.; QUESADA, C. A. N.; MARENGO, J. A.; KRUSCHE, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da Floresta Amazônica. **Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 41-46, 2014.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR**. Tese de Doutorado, UNESP, Presidente Prudente, SP, 2006.

BARBOSA, J. P. M.; CAMPOS, A. B. de; SANTOS, V. M. N. dos. **Metodologias e Escala na Climatologia Geográfica – Técnicas Estatísticas e Visão Multi-Escalar para a Compreensão do Comportamento do Clima**. GEOGRAFIA (Londrina), v. 31, n. 1, p. 277-296, 2022.

BARCELLOS, D. R.; DE QUADRO, M. F. L. Classificação de Eventos Extremos de Precipitação quanto sua Intensidade, Persistência e Abrangência na Região das ZCAS. **Metodologias e Aprendizado**, v. 2, 2019.

BARROS, J. R. **A chuva no Distrito Federal: O regime e as excepcionalidades do ritmo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Rio Claro (SP), 2003.

BERNSTEIN, L.; CANZIANI, O.; CHEN, Z.; CHRIST, R.; DAVIDSON, O.; HARE, W.; HUG, S. et al. **Climate change 2007: synthesis report**, IPCC 4th Assessment Report, 2007.

BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly weather review**, v. 97, n. 3, p. 163-172, 1969.

BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F A. **Participação da massa Polar atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no Centro Sul do Brasil**. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 113-130, jan./abr. 2015.

BRASIL. **Queimadas na Amazônia e seus impactos na saúde: A incidência de doenças respiratórias no sul da Amazônia aumentou significativamente nos últimos meses**. 3º Informe técnico do Observatório de Clima e Saúde. Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, 2019.

Disponível em:

https://climaesaude.iciet.fiocruz.br/sites/climaesaude.iciet.fiocruz.br/files/informe_observatorio_queimadas.pdf. Acesso em: 05 jun. 2023.

BRUTSAERT, W. **Hydrology: An Introduction**, Cambridge University Press, 605p, 2005.

BRYANT, L.; CARVER, L.; BUTLER, C. D.; ANAGE, A. Climate change and family planning: least-developed countries define the agenda. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 87, p. 852-857, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0042-96862009001100014>.

BUSH, M.; DE OLIVEIRA P.; COLINVAUX, P.; MILLER, M.; MORENO, J. Amazonian paleoecological histories: one hill, three watersheds. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 214; p. 359-393, 2004.

CABALZAR, A.; RICARDO, C. A. **Povos Indígenas do alto e médio rio Negro: uma introdução à diversidade cultural e ambiental do noroeste da Amazônia brasileira**. São Paulo: Instituto Socioambiental; São Gabriel da Cachoeira, AM: FOIRN - Federação das Organizações Indígenas do Rio Negro, 128p. 2006.

CAETANO, A. L.; BARBOSA, F. da S. Probabilidade de ocorrência de chuvas extremas para a região de Inconfidentes, MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, n. 15, p. 537-548, 2019.

CAMPOS, T. L. de B.; MOTA, M. A. S. de; DOS SANTOS, S. R. Q. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 182-194, jan./mar. 2015.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone. **Jornal of climate**, American Meteorological Society, v.15, 2002.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **J. Climate**, v.17, p. 88-108, 2004.

CARVALHO, R. B. **Introdução aos Estudos Amazônicos para o Município de Monte Alegre - PA**. 1.ed. Santarém-Pará: Gráfica e Editora Brasil, p. 59, 2015.

CASAGRANDE, A.; JÚNIOR, P. S.; MENDONÇA, F. Mudanças climáticas e aquecimento global: controvérsias, incertezas e a divulgação científica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.8, p. 30-44, 2011. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25793>

CASTRO, E. Dinâmica Socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v.8, n.2, p. 05-39, 2005.

CHU, P. S.; ZHAO, X.; RUAN, Y.; GRUBBS, B. Extreme rainfall events in the Hawaiian Islands. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 48, p. 502-516, jul. 2009. DOI: 10.1175/2008JAMC1829.1.

CHU, P.S.; HASTENRATH, S. Detecting climate change concurrent with deforestation in the amazon basin: which way has it gone?. **Bulletin of the American meteorological society**, v. 30, n. 4, p. 579-583, 1994.

COELHO, C. A. S.; CAVALCANTI, I. A. F.; COSTA, S. M. S.; FREITAS SAULO, R.; ITO, E. R.; LUZ, G.; SANTOS, A. F.; NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; PEZZA, A. B. Climate diagnostics of three major drought events in the Amazon and illustrations of their seasonal precipitation predictions. **Meteorological Applications**, v. 19, p. 237-255, 2012.

COHEN, J. C. P. **Um estudo observacional de linha de instabilidade na Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos, SP. 1989.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, p. 3163-3174, 1995.

CORREIA, I. C. P. **Análise das variabilidades interanuais e interdecenais dos índices de aridez e efeito de umidade do estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 101p. 2016.

CORREIA, F. W. S.; ALVALÁ, R. C. S.; MANZI, A. O. Modeling the impacts of land cover change in Amazonia: a regional climate model (RCM) simulation study. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, p. 225-244, DOI: 10.1007/s00704-007-0335-z, 2008.

CORREIO, V. V. da S.; CORREIO, R. G. da C. S.; CORREIO, L. A. P. L.; A estruturação da fronteira agrícola no sul do estado do Amazonas. **Geographia Opportuno Tempore**, Universidade Estadual de Londrina, EISSN: 2358-1972, v.5, n.1, 2019.

COSTA, H. C.; MARCUZZO, F. F. N.; FERREIRA, O. M.; ANDRADE, L. R. Espacialização e Sazonalidade da Precipitação Pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.5, n.1, p. 87-100, 2012.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Processos erosivos atuantes na cidade de Monte Alegre**. Estudo geotécnico aplicado ao planejamento urbano. Programa de Integração Mineral em municípios da Amazônia – PRIMAZ, 1997.

CUNHA, Y. P. P. **Integração dos registros sedimentares da Lagoa da Pata (São Gabriel Da Cachoeira, AM): Interpretação Paleoclimática em área de clima sempre úmido da Amazônia**. Yvaga Poty Penido da Cunha. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) Universidade Federal Fluminense, 2009.

DA SILVA DIAS, M. A. F. Eventos climáticos extremos. **Revista USP**, n. 103, p. 33-40, 2014.

DA SILVA, J. M. C.; GARDA, A. A. **Padrões e Processos Biogeográficos na Amazônia**. In: Cláudio Carvalho; Eduardo Almeida. (Org.). Biogeografia da América do Sul: Padrões e Processos. São Paulo: Roca, p. 189-197, 2011.

DA SILVA, L. P. **Eventos extremos de precipitação sobre a região metropolitana de Belém durante o ano de 2021**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2022b.

DA SILVA, W. C. **Climatologia dos eventos extremos diários de precipitação sobre a amazônia central e colômbia e suas relações com as fases do el niño-oscilação sul**. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente - Cliamb.) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2022a.

DINIZ, M. T. M. Contribuições ao ensino do método hipotético-dedutivo a estudantes de Geografia. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 19, n. 2, maio/ago. 2015.

DOMINGUES, M.S.; BERMANN, C.; MANFREDINI, S. A produção de soja no brasil e sua relação com o desmatamento na Amazônia. **Revista Presença Geográfica**, n. 01, p.32-47, 2014.

DOS SANTOS, T. O.; ANDRADE FILHO, V. S. de.; ROCHA, V. M.; MENEZES, J. de. S. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017. Disponível em:

<<https://search.proquest.com/openview/d8893c19f20888100953c0575997652a/1?pqorigsite=gscholar&cbl=2046164>>. Acesso em: 12 fev. 2023.

DOURADO, M. F.; ALENCAR, A.; MOUTINHO, P.; NÓBREGA, C. C.; BORBOLOTTO, F. Gestão ambiental e territorial de Terras Indígenas: uma questão climática. **Brasiliana - Journal for Brazilian Studies**, v. 5, n. 1, ISSN 2245-4373, nov. 2016.

DUARTE, C. C.; NÓBREGA, R. S.; COUTINHO, R. Q. Análise climatológica e dos eventos extremos de chuva no município do Ipojuca, Pernambuco. **Revista de Geografia (UFPE)**, Pernambuco, v. 32, n. 2, 2015.

EASTERLING, D. R.; EVANS, J. L.; PY, G.; KARL, T. R.; KUNKEL, K. E.; AMBENJE, P. **Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review**. Bulletin of American Meteorological Society, v. 81, p. 417-425, 2000.

ESPINOZA, J. C.; MARENGO, J. A.; RONCHAIL, J.; CARPIO, J. M.; FLORES, L. N.; GUYOT, J. L. **The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical subtropical South Atlantic SST gradient**. Environmental Research Letters, v. 9, n. 12, p. 1-9, 2014.

ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J.; FRAPPART, F.; LAVADO, W.; SANTINI, W.; GUYOT, J.L. **The major floods in the Amazonas river and tributaries (Western Amazon basin) during the 1970–2012 period: a focus on the 2012 flood**. Journal of Hydrometeorology, v. 14, n. 3, p. 1000-1008, 2013.

FARIAS, R. F. de. L.; NOBREGA, R. S.; RIBEIRO, E. P. **Climatologia de ocorrência de eventos extremos pluviais no município de Jaboatão dos Guararapes/PE e a repercussão dos transtornos provocados na sociedade**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

FEARNSIDE, P. M. **Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências**. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.

FEARNSIDE, P. M. **Destruição e conservação da floresta amazônica**. Manaus: Editora do INPA, 2022. 356 p. ISBN 978-85-211-0193-2.

FEARNSIDE, P.M. **Hidrelétricas como “fábricas de metano”: O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases de efeito estufa**. *Oecologia Brasiliensis*, v. 12, n. 1. p. 100-115, 2008.

FEARNSIDE, P. M. **Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of ‘greenhouse’ gases**. *Environmental Conservation*, v. 22, n. 1, p. 7-19, 1995.

FERREIRA, B. C. C.; VALVERDE, M. C. Análise dos Índices de Extremos de Precipitação em Cenários Futuros na Bacia do Rio Ribeira de Iguape - São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Online Ahead of Print, 2022.

FERREIRA, D. B. da S.; SOUZA, E. B.; OLIVEIRA, J. V. de.; Identificação de extremos de precipitação em municípios do estado do Pará e sua relação com os modos climáticos atuantes nos oceanos pacífico e atlântico. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 27, p. 197–222, 2020. <https://doi.org/10.5380/abclima.v27i0.64630>.

FERREIRA, D. B. S.; SOUZA, E. B.; MORAES, B. C. Ciclo horário da precipitação no leste da Amazônia durante o período chuvoso. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, n. 9, p. 74-86, 2013.

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitations distribution over central and western tropical south America. **Climanálise Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, n.5, v.6, p. 36-45, 1990.

FISCH, G. **Camada Limite Amazônica: aspectos observacionais e de modelagem**. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo. 125p, 1995.

FISCH, G. **Camada Limite Amazônica: aspectos observacionais e de modelagem**. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 125p. 1996.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**. v.28, n.2, p. 101-126, 1998.

FISCH, G.; MARENGO, J.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, n. 28, p. 102-126. 1997.

FITZJARRALD, D. R.; MOORE, K. E. Mechanisms of Nocturnal Exchange Between the Rain Forest and Atmosphere. **Journal of Geophysical Research**, v. 95, n. D10, p. 16839-16850, 1990.

FORSTER, P. et al. **Changes in Atmospheric Constituents and Radiative Forcing**. In: SOLOMON, S. et al. (Eds.). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 2007. p. 129-234.

FRANCA, R. R.; MENDONÇA, F. D. A. Análise rítmica do período da cheia histórica no rio Madeira em Porto Velho/Rondônia em 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, ano 15, p. 266, jul./dez. 2019.

FRANCA, R. R. D.; MENDONÇA, F. D. A. A pluviosidade na Amazônia meridional: variabilidade e teleconexões extra-regionais. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, v. 29, 2016.

FRANCA, R. R. da. **Anticiclones e umidade relativa do ar: um estudo sobre o clima de Belo Horizonte**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Minas Gerais, IGC, Belo Horizonte, MG. 2009.

FRANCA, R. R. da. Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. **Revista Geografias**, v. 11, n. 1, p. 44-58, 2015.

FREITAS, C. M.; SILVA, D. R. X.; SENA, A. R. M.; SILVA, E. L.; SALES, L. B. F.; et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3645-3656, 2014.

FRIERSON, D. M. W.; HWANG, Y. T.; FUCKAR, N. S.; SEAGER, R.; KANG S. M.; DONOHUE, A.; MAROON, E. A.; LIU, X.; BATTISTI, D. S. Contribution of ocean overturning circulation to tropical rainfall peak in the Northern Hemisphere. **Nature Geoscience**, v. 6, n. 11, p. 940-944. 2013.

GALVANI, E.; PEREIRA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S. Relações entre o Índice de Oscilação Sul (IOS) e o total mensal de chuva em Maringá-PR. **Acta Scientiarum (UEM)** (Cessou em 2002), Maringá-Pr, v. 20, n. 4, p. 531-535, 1998.

GASH, J. H. C.; SHUTTLEWORTH, W. J. Tropical deforestation: albedo and the surface-energy balance. **Climatic Change**, v. 19, n. 1-2, p. 123-133, 1991.

GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A. Climatic effects of Amazonian deforestation: some results from abracos. **Bulletin of the American meteorological society**, v. 78, n. 5, p. 823-829, 1997.

GATTI, B. A. **A construção da pesquisa em educação no Brasil**. Brasília: Plano Editora, v. 1, 96p. 2002.

GILLE, F. do. S. de S.; DA MOTA, M. A. S. Importância das condições termodinâmicas nos eventos extremos de precipitação na cidade de Belém e região metropolitana. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. esp., p. 73 - 82, 2014.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **Clima urbano**. 2.ed. São Paulo: Contexto, 2013.

GUEDES, T. A. et al. (Eds.). Projeto de ensino aprender fazendo estatística. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2005. Disponível em: http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_etal_Estatistica_Descritiva.pdf. Acesso em: 15 set. 2023.

HAYLOCK M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIACAO, M. T.; BAEZ, J. et al. **Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature**. Journal of Climate, n. 19, p. 1490-1512, 2006.

HONÓRIO, B. de. A. D. **Água da chuva na Amazônia Ocidental: química e composição isotópica**. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados Preliminares do Universo do Censo Demográfico 2022** – Monte Alegre. Disponível em: [IBGE | Cidades@ | Pará | Monte Alegre | Panorama](#). Acesso em: 21 fev. 2024. Ano 2022d

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados Preliminares do Universo do Censo Demográfico 2010** – Amazonas. Disponível em:
http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=am&tema=resultpreluniver_censo2010>
Acesso em: 05 dez. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados Preliminares do Universo do Censo Demográfico 2021** – Amazonas. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/sao-gabriel-da-cachoeira.html>. Acesso em: 06 dez. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados Preliminares do Universo do Censo Demográfico 2022** – São Gabriel da Cachoeira. Disponível em: [IBGE | Cidades@ | Amazonas | São Gabriel da Cachoeira | Panorama](#). Acesso em: 22 fev. 2024. Ano 2022c

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse preliminar do senso demográfico 2000**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, IBGE; 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Monte Alegre. **Panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/monte-alegre/panorama>. Acesso em: 21 fev. 2024. Ano 2022b.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. São Gabriel da Cachoeira. **Panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/sao-gabriel-da-cachoeira/panorama>. Acesso em: 21 fev. 2024. Ano 2022a.

IDEFLOR-BIO - Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará. **Unidades de Conservação**. 2017. Disponível em: <https://ideflorbio.pa.gov.br/unidades-de-conservacao/>. Acesso em: 15 dez. 2022.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2005. Disponível em:
www.inmet.gov.br/climatologia/combo_climatologia_C.html. Acesso em: 25 jan. 2023.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Missão, Visão e Valores. Ministério da Ciência, Tecnologia Inovações e Comunicação. Topodata. [S. l.]. 2021. Disponível em: http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/missao.php. Acesso em: 13 fev. 2023.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: **Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press: Cambridge, 1435p. 2014a.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013 - **The Physical Science Basis**. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Summary for Policymakers. IPCC, Stockholm, Sweden, 2013a.

IPCC - Intergovernmental panel on climate change. Climate Change 2007 – **The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC**. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2007a.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001: **The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report**. Cambridge Univ. Press. 2001a.

IPCC - Intergovernmental panel on climate change. **Climate Change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**. MAC CARTHY, J. J., et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2001b.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Cambridge, Cambridge University Press, 2014b.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Principles Governing IPCC Work**, 2013b. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/ipcc-principles/ipcc-principles.pdf>.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Technical Summary. In: **Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report**. Climate change 2013: the physical science basis. Cambridge/New York: Cambridge University Press, 2013c. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change (2007). **The physical science basis (summary for policymakers)**, 2007b.

JAPIASSÜ, H.; MARCONDES, D. **Dicionário básico de filosofia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1996. 296p.

KOUSKY, V. E. **Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil**. Monthly Weather Review, United States of America, v. 108, n. 4, p. 488-498, 1980.

KOUSKY, V. E. Atmospheric circulation changes associated with rainfall anomalies over Tropical Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 113, p.120-128, 1985.

LACERDA, F. F.; NOBRE, P. Aquecimento global: conceituação e repercussões sobre o brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 14-17, 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3.ed. rev. ampl. São Paulo: Atlas, 1991. 270p.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. **The International Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 2, p. 1-20, 1998.

LEJEUNE, Q.; DAVIN, E. L.; GUILLOD, B. P.; SENEVIRATNE, S. I. Influence of Amazonian deforestation on the future evolution of regional surface fluxes, circulation, surface temperature and precipitation. **Climate Dynamics**, v. 44, n. 9-10, p. 2769-2786, 2015.

LIBERATO, A. M.; BRITO, J. I. B. Influência de Mudanças Climáticas no Balanço Hídrico da Amazônia Ocidental (Influence of Climate Change on Water Budget of Western Amazonia). **Revista Brasileira de geografia física**, v. 3, 2010, 170p.

LIMA, E. C. S. **Análise dos sistemas atmosféricos produtores de chuva junto ao litoral atlântico da Amazonia**. 29f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Meteorologia) – Universidade Federal do Pará. Centro de Geociencias, Belém, 2001.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 3, p. 657-675. ISSN 2179-0892, 2016.

- LLOPART, M.; REBOITA, M. S.; COPPOLA, E.; GIORGI, F.; DA ROCHA, R. P.; de. SOUZA, D. O. **Land Use Change over the Amazon Forest and Its Impact on the Local Climate. Water**, v. 10, n. 2, p. 149, 2018.
- LOPES, A. B.; VIEIRA, M. R. S.; LIMA FILHO, A. A.; SILVESTREIM, E. G.; SILVESTREIM, F. G. Anomalias na precipitação de quatro municípios do Amazonas, Brasil. **Research Society and Development**, v. 10, n. 14, Out. 2021.
- LOPES, M. N. G.; SOUZA, E.B.; FERREIRA, D. B. S. Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, n.12, p. 84-102, 2013.
- LORCH, C. **Do CAN ao SIVAM: a FAB na Amazônia**, Rio de Janeiro: Aerospace, 144p, 2000.
- LOUREIRO, R. S. DE.; SARAIVA, J. M.; SARAIVA, I.; SENNA, R.C.; FREDÓ, A.S. Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. esp., p. 83 - 94, 2014.
- LYON, B. **Enhanced seasonal rainfall in northern Venezuela and the extreme events of December 1999**. 2003.
- MARENGO J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Região Amazônica. In: Eds I. CAVALCANTI, N. FERREIRA, M. A. SILVA DIAS, M. A. JUSTI. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 197-212, 2009a.
- MARENGO J. A.; NOBRE. C.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M.; OLIVEIRA, G. S.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M.; BROWN, I. F. The drought of Amazônia in 2005. **Journal of Climate**, n. 21, p. 495-516, 2008a.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W.R.; RODRIGUEZ, D. A.; CAMARGO, H.; PAREDES R. M.; DIAZ P. A. **Two contrasting seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in Northeast Brazil**. *Journal of Climate*, v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013a.
- MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas. Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008b.

MARENGO, J. A.; et al. **Extreme seasonal climate variations in the Amazon basin: droughts and floods. Interactions between biosphere, atmosphere and human land use in the Amazon Basin**, p. 55-76, 2016.

MARENGO, J. A.; et al. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation. **American Journal of Climate Change**, v. 2, n. 2, 2013b.

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**, n. 78, p. 79-96, 2004.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 16, n. 1, p. 01-18, 2001.

MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil. **Revista USP**, v. 103, p. 25-32, 2014.
<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103>.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; KAY, G. **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil. Análise Conjunta Brasil- Reino Unido Sobre os Impactos das Mudanças Climáticas e do Desmatamento na Amazônia**. 2011. Disponível: <http://proclima.cetesb.sp.gov.br/2011/05/19/riscos-das-mudancas-climaticas-no-brasil-analiseconjunta-brasil-reino-unido-sobre-os-impactosdas-mudancas-climaticas-e-do-desmatamentona-amazonia.pdf>. Acesso: 05 jan. 2023.

MARENGO, J. A.; ALVES, L.; VALVERDE, M.; LABORBE, R.; ROCHA, R. **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: projeções de clima futuro usando três modelos regionais**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Conservação da Biodiversidade, relatório 5, p. 08-62, 2007a.

MARENGO, J. A.; et al. **Hydro-Climatic and Ecological Behaviour of the Drought of Amazonia in 2005**. Philosophical Transactions of The Royal Society, n. 363, p. 1773-1778, 2008c.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA, J.; CARDOSO, M. F.; OYAMA, M. D. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - Caracterização do**

clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI, Ministério do Meio Ambiente - MMA, 212p, 2006.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; SOARES, W.R.; ALVES, L.M.; NOBRE, C.A. Extreme climatic events in the Amazon basin climatological and hydrological context of recent floods. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 107, n. 1-2, p. 73-85, 2012.

MARENGO, J. A; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S., ZEE, D.M.W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. FBDS, Rio de Janeiro, 2009b.

MARENGO, J.; NOBRE C. A.; BETTS, R. A.; COX, P. M.; SAMPAIO, G.; Sampaio, SALAZAR, L. Aquecimento Global e Mudança Climática na Amazônia: Retroalimentação Clima Vegetação e Impactos nos Recursos Hídricos, p. 273-292. in **Amazonia and Global Change. Geophysical Monograph Series 186**. American Geophysical Union. 2009c.

MARENGO, J.A. **Caracterização do clima no século XX e cenários no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados dos Modelos de Clima do IPCC**. Relatório nº 1. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a diversidade. MMA. São Paulo: CPTEC/INPE, 2007b. Disponível em:<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_1.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2023.

MARENGO, J. A; SOUZA, J. R. C. **Mudanças Climáticas: Impactos e cenários para a Amazônia**, Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo (USP), Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT), São Paulo, Dez. 2018.

MARTINS, E. **Sobre a Natureza, expressão formal e escopo da classificação Linguísticas entidades na concepção do mundo Baniwa**. Dissertação de Mestrado defendida em 2009 - UnB.

MDA - MINISTERIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Plano de Etnodesenvolvimento do território rio Negro da Cidadania Indígena**. 2009, 151p.

MEDRI, W. **Análise exploratória de dados**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2011.

MELLO, A.H.; FEITOSA, N. K. **Dinâmicas da ocupação territorial na Amazônia: Reflexões sobre os impactos socioambientais pós-pandemia decorrentes do avanço do desmatamento.** Unifesspa: Painel Reflexão em tempos de crise, 2020.

MENDES, D.; GONÇALVES JUNIOR, J. L.; SANTOS, E. O.; SANTOS, T. O.; MARTINS, L. A. Carta Hodográfica e sistemas atmosféricos. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina** – 20 a 26 de março de 2005 – Universidade de São Paulo (USP).

MILLER, G. T. **Ciência ambiental.** São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MINAYO, M. C. de S.; SANCHES, O. **Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade?** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 239-262, jul./sep.1993.

MOHLEJI, S.; PIELKE JUNIOR, R. **Reconciliation of trends in global and regional economic losses from weather events: 1980 2008.** Natural Hazards Review, v. 15, n. 4, p. 1-9, 2014.

MOLION, L. C. B. **Amazonian rainfall and its variability. In: Hydrology and Water Management in the Humid Tropics,** Cambridge University Press, Ed., pp. 99-111, Cambridge, 1993.

MOLION, L. C. B.; DALLAROSA, R. L. G. Pluviometria da Amazônia; são os dados confiáveis? **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 5, n. 3, p. 40-42, 1990.

MOLION, L.C.B. Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: Mecanismos de Precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p. 107-117, 1987.

MORAES NETO, J. M. de.; BARBOSA, M. P.; ARAUJO, A. E. de. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia.** Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 61-66, 2007.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 207-214, 2005.

- MORAN, E. F. O estudo da adaptação humana em ecossistemas amazônicos. In: NEVES, W., ed. **Origem, adaptações e diversidade biológica do homem nativo da Amazônia**. 1991. (Coleção Emílie Snethlage, Museu Paraense Emílio Goeldi).
- MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; BENINCASA, M.; SOUZA, J. L. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2, p. 163-168, 1999.
- MYERS, T. P.; DENEVAN, W. M.; WINKLERPRINS, A.; PORRO, A. Historical perspectives on Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS, W.I. eds. **Amazonia Dark earths. Origin: properties and management**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 15-24.
- MYERS, V. A. A cold front invasion of Southern Venezuela. **Mon. Weather Rev.** v. 92, n. 11, p. 513-521, 1964.
- NASCIMENTO JÚNIOR, L. Dinâmica pluviométrica e impacto das chuvas no estado do Paraná: A natureza dos eventos extremos. In SANT'ANNA NETO, J. L.; AMORIM, M. C. C. R.; SILVA, C.A. (Org.). **Clima e Gestão do Território**. Jundiaí, Paco Editorial: 201. 2016.
- NASCIMENTO, L. L.; QUADROS, J. R. de. Do tempo do direito ao tempo dos rios voadores: as águas da Amazônia à margem da LE. **Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo**, e-ISSN: 2525-9628, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 124 – 145, Jul/Dez. 2018.
- NASCIMENTO, T. S.; SARAIVA, J. M. B.; SENNA, R.; AGUIAR, F. E. O. Preenchimento de falhas em banco de dados pluviométricos com base em dados do CPC (Climate Prediction Center): estudo de caso do Rio Solimões-Amazonas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 7, p. 143-158, 2010.
- NEGRÃO, S. C. B.; ABREU, F. D. A. M. D. Estudo de Aplicabilidade da Metodologia de Traços de Fissão em Apatitas na Região Dômica de Monte Alegre - Pará. Paper apresentado em: **Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás (PDPETRO)**, v. 4, p. 21-24 out. 2007, Campinas, SP.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NOBRE, A. D. **O futuro climático da Amazônia: relatório de avaliação científica**. Lima: Articulación Regional Amazónica (ARA), 2014. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/noticias/428-o-futuro-climatico-da-amazonia>. Acesso em: 03 jun. 2023.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. **Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do século 21**. Parcerias Estratégicas, v. 27, p. 19-42, 2008.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; ARTAXO, P. Understanding the Climate of Amazonia: Progress From LBA. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; SILVA DIAS (orgs.). **Amazonia and Global Change**. Geophysical Monograph Series, v. 186. Washington, D.C.: American Geophysical Union Books, 2009. p. 145-147. DOI: 10.1029/2008GM000720.

NOBRE, C. A.; SELLLERS, P.; SHUKLA, J. Regional climate change and amazonian deforestation model. **Journal of Climate**, v. 4, n. 10, p. 957-988, 1991.

NUNES, L.H. **Urbanização e Desastres Naturais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OBREGÔN, G. O. O clima da Amazônia: Principais características. In: (Org.) NOBRE, C.; BORMA, L. S. **Secas na Amazônia: Causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

OKAMOTO, R. F.; TRECENTI, J. **Metodologia de Pesquisa Jurimétrica**. [S. l.: s. n.], 2022.

OLIVEIRA, A. S. de. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção na Amazonia**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1986.

OLIVEIRA, G. B.; ALCÂNTARA, C. R.; SOUZA, E. P. Caracterização de perfis de vento no ambiente de formação das linhas de instabilidade amazônicas. **Ciência e Natura**. v. 38, n. 1, p. 393-403, 2016.

OLIVEIRA, J.; DE MEDEIROS, B.; DA SILVA, J.; MOURA, G.; LINS, F.; NASCIMENTO, C.; LOPES, P. Space-temporal evaluation of biophysical parameters in the High Ipanema watershed by remote sensing. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 7, n. 6, p. 357-366, 2017. doi:<https://doi.org/10.29150/jhrs>.

OLIVEIRA, P. J.; ROCHA, E. J. P.; FISCH, G.; KRUIJT, B.; RIBEIRO, J. B. M. Efeitos de um evento de friagem nas condições meteorológicas na Amazônia: um estudo de caso. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 4, p. 613-619, 2004.

OLIVEIRA, R. N. de. **A variabilidade da chuva na Amazônia Central: El Niño e La Niña**. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

OLIVEIRA, V. P.de; MAFRA, M. V. P.; SOARES, A. P. A. Eventos climáticos extremos na Amazônia e suas implicações no município de Manaquiri (AM). **Revista Geonorte**, v. 1, n. 5, p. 977-987, 2012.

PADARATZ, I. J.; **Velocidade básica do vento no Brasil**. Tese. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Mai.1977.

PARÁ (Estado). Instituto Avaliação, Pesquisas, Programas e Projetos Socioambientais – IA. Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidadedo estado do Pará -

IDEFLORBIO. **Plano de Gestão (Plano de Manejo), do Resumo Executivo e da Cartilha Temática, da Unidade de Conservação “Área de Proteção Ambiental Paytuna” – Etapa 7 – Cartilha**. Brasília: 2018. Disponível em:

<https://ideflorbio.pa.gov.br/wpcontent/uploads/2018/10/APA-Paytuna-Cartilha-Oficial-FINAL-2.pdf>. Acesso: em 5 jan.2023.

PARÁ (Estado). Secretaria de Estado de Turismo. Diretoria de Políticas para o Turismo. Coordenação de Estudos, Pesquisas e Informações. Gerência de Informação e Estatística.

Inventário da Oferta Turística do Município de Monte Alegre – PA. Belém, Pará, 2017.Disponível em:

http://www.setur.pa.gov.br/sites/default/files/pdf/inventario_monte_alegrejunho2018.p f. Acesso em: 05 jan. 2023.

PASTANA, J. M. do. N. **Diagnóstico do potencial ecoturístico do Município de Monte Alegre**. Programa Informações para Gestão Territorial. Estado do Pará: CPRM, 1999.

Município de Monte Alegre. Disponível em:

<https://pt.scribd.com/document/86652395/Diagnostico-do-Potencial-Ecoturistico-doMunicipio-de-Monte-Alegre-Para>. Acesso em: 01 jun. 2023.

PAULA, L. C. de. **Uma análise de síntese em escala nacional de mudanças climáticas nas áreas protegidas do Brasil**. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017.

PEDREIRA JÚNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; DA SILVA QUERINO, J. K. A.; DOS SANTOS, L. O. F.; DE MELLO MOURA, A. R.; MACHADO, N. G.; BIURDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá-AM. **Revista brasileira de Climatologia**, n. 22, 2018, doi: <https://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.58089>.

PEREIRA, E. Análise preliminar das pinturas rupestres de Monte Alegre. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, sér. Antropol. v.8, n.1, 1992.

PEREIRA, M. V.; Francisco Evandro Oliveira Aguiar; José Duarte Alecrim. Elementos Constituintes e Fatores Influenciadores no Clima da Amazônia. In: Adoréa Rebello. (Org.). **Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. 1º ed. Manaus: EDUA, v. 01, p. 155-191, 2010.

PINHO, P. F.; MARENGO, J. A.; SMITH, M. S. **Complex socio-ecological dynamics driven by extreme events in the Amazon**. Reg Environ Chang, v. 15, p. 643–655, 2015.

PINTO, I. C. **Agrobiodiversidade de quintais agroflorestais e perfil social de etnias indígenas em São Gabriel da Cachoeira, AM**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal). Lavras: Universidade Federal de Lavras, UFLA, 2013.196p

PLANTON, S.; DÉQUÉ, M.; CHAUVIN, F.; TERRAY, L. **Expected impacts of climate change on extreme climate events**. Comptes Rendus Geoscience, v. 340, n. 9-10, p. 564-574, 2008.

POPPER, K. R. **Conhecimento objetivo: uma abordagem evolucionária**. São Paulo: Itatiaia: EDUSP, 1975.

QUADRO, M. F. L.; SILVA DIAS, M. A. F.; HERDIES, D. L.; GONÇALVES, L. G. G. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 27, n. 2, p. 152-162, 2012.

RADAM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Folha 19 Pico da Neblina: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1976.

RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL, F. de O.; SILVA, A. A. da. Caracterização de Sistemas Agroflorestais manejados no município de Monte Alegre, Pará. In: **VIII Congresso brasileiro de agroecologia**, 2., 2013, Porto Alegre. Resumos, Porto Alegre: ABA-Associação Brasileira de Agroecologia, 2013, p. 1-5.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>.

RIBEIRO, F. G.; STEIN, G.; CARRARO, A.; RAMOS, P. L. **O impacto econômico dos desastres naturais: o caso das chuvas de 2008 em Santa Catarina**. Planejamento e Políticas Públicas: PPP, v. 1, n. 43, p. 299-322, 2014.

RIBEIRO, I. L. As incursões de ar frio no Estado do Amazonas. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

RIBEIRO, S. K.; MATTOS, L. B. R. **A importância do setor de transporte rodoviário no aquecimento global: o caso da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2001. 9p.

RICARDO, B. **Arte Baniwa: cestaria de arumã**. 3ª. Ed. São Gabriel da Cachoeira: FOIRN/ISA/OIBI, 2001.

ROCHA, E. P. da, **Balanço de Umidade e Influência de Condições de Contorno Superficiais sobre a Precipitação da Amazônia**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, INPE, São José dos Campos, SP, Brasil, 2001.

ROCHA, V. M.; CORREIA, F. W. S.; GOMES, W. de. B. Avaliação dos Impactos da Mudança do Clima na Precipitação da Amazônia Utilizando o Modelo RCP 8.5 Eta-HadGEM2-ES. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 06, p. 2051-2065, 2019.

RUBERT, C.; MACIEL, E. A. P. Uso de sistemas de informações geográficas na análise dos programas de controle do desmatamento da Amazônia. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**. v. IV, n. 4, p. 75-89, 2009.

SALATI, E.; MARQUES, J. Climatology of the Amazon region. In: SIOLI, H. **The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. (ed.). Dr. W. Junk Publishers, 763p., 1984.

SALATI, E.; MARQUEZ, J.; MOLION, L. C. **Origem e Distribuição das Chuvas na Amazônia**. Interciência, v. 3, p. 200-205, 1978.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Por uma Geografia do Clima: Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento**. Lab. De Climatologia. Depto de Geografia da FCT/UNESP. 2001. In Terra Livre. São Paulo. n. 17, p. 49-62. Disponível online em http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/Texto_Neto.pdf. Acesso em: 05 jan. 2023.

SANTOS, D. D. S.; GALVANI, E. Distribuição sazonal e horária das precipitações em Caraguatatuba-SP e a ocorrência de eventos extremos nos anos de 2007 a 2011. **Ciência e Natura**, v. 36 n. 2, Mai/Ago. p. 214–229, 2014.

SANTOS, D.; BAHIA, V. G.; TEIXEIRA, W. G. **Queimadas e erosão do solo**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 62-68, 1992.

SANTOS, S. R. Q.; SANSIGOLO, C. A.; NEVES, T. T. A. T.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017.

SANTOS, S. R. Q.; VITORINO, M. I.; BRAGA, C. C.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. O Efeito de Brisas Marítimas na Cidade de Belém-PA: Utilizando Análise em Multivariada. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 5, p. 1110-1120, 2012.

SANTOS, T. O.; FILHO, V.; ROCHA, V.; MENEZES, J. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017. Disponível em:

<<https://search.proquest.com/openview/d8893c19f20888100953c0575997652a/1?pqorigsite=gscholar&cbl=2046164>>. Acesso em: 12 fev. 2023.

SATYAMURTY, P.; COSTA, C.P.W.; MANZI, A.O. Moisture source for the Amazon Basin: a study of contrasting years. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 111, n. 1-2, p. 195-209, 2013.

SENEVIRANTNES S. I., et al., Chapter 3: Changes in climate extremes and their Impacts on the Natural Physical Environment. In: **SREX: Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation** [C. B. Field, et al. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p.109–230, 2012.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Sistema de Alerta Hidrológico do Amazonas: relatório técnico de operação do ano de 2021** / Artur José Soares Matos... [et. al.]. Manaus: CPRM, 2021. Disponível em:
<https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/22533/4/relatorio_SAH_Amazonas_%202021.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2024.

SILVA DIAS, M. A. F. Meteorologia, Desmatamento e Queimadas na Amazônia: Uma Síntese de Resultados do LBA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 190-199, 2006.

SILVA DIAS, M. A. D.; COHEN, J. C. P.; GANDÚ, A. W. Interações entre nuvens, chuvas e a biosfera na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 215-222, 2005.

SILVA FERREIRA, D. B. S.; DE SOUZA, E. B.; MORAES, B. C.; MEIRA FILHO, L. G. Spatial and temporal variability of rainfall in Eastern Amazon during the rainy season. **The Scientific World Journal**, v. 2015, p. 1-9, 2015.

SILVA, A. L. Animais medicinais: conhecimento e uso entre as populações ribeirinhas do rio Negro, Amazonas, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Humanas**. v. 3, n. 3, p.343-357, set.- dez, Belém, 2008.

SILVA, I. F. **Caracterização da atividade pesqueira das comunidades do entorno do Parque estadual Monte Alegre, Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Universidade

Federal do Oeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos. Santarém, 2015.

SILVA, M. E. S.; PEREIRA, G.; DA ROCHA, R. P. Local and remote climatic impacts due to land use degradation in the Amazon “Arco of Deforestation”. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 125, p. 609–623, 2016.

SILVA, M. I.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 480-485, 2008.

SILVA-DIAS, M.A.F. et al. Cloud and rain processes in a biosphere-atmosphere interaction context in the Amazon Region. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. D20, 2002. DOI: 10.1029/2001JD000335.

SIOLI, H. **Amazônia fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Ed. Vozes Ltda. Petrópolis, RJ. 1985.

SIOLI, P. H. As águas da região do alto Rio Negro. **Boletim técnico do Instituto agrônômico do norte**, n. 32, 1956.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; MCGRATH, D. **Cenários de desmatamento para a Amazônia**. **Estudos Avançados**, v. 19 n. 54, p. 137-152, 2005.

SOUSA, A. J. S. **Eventos extremos de precipitação no leste da Amazônia**. Dissertação (mestrado em Meteorologia: Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2010.

SOUZA, E. B, KAYANO, M. T., AMBRIZZI T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 81, p. 177–191, 2004.

SOUZA, E. B. et al. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: Observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 111-124, 2009.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, n. 81, p. 177–191. 2005.

SOUZA, E.B.de.; FERREIRA, D. B. da S.; GUIMARÃES, J. T. F.; FRANCO, V. dos S.; AZEVEDO, F. T. M.de; SOUZA, P. J. de. O. P. de. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13 – v. 21 – Jul/Dez 2017.

SOUZA, K. R.; KERBAUY, M. T. M. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, Uberlândia, v. 31, n. 61, p. 21-44, jan./abr. 2017. ISSN 0102-6801.

SPOSITO, E. S. Geografia e Filosofia: contribuição para o ensino do pensamento geográfico. In: ----. **A questão do método e a crítica do conhecimento**. São Paulo: UNESP, p. 23-72, 2004.

STEPHENSON, D.B. Definition, diagnoses, and origin of extreme weather and climate events. In: DIAZ, H.F.; MURRAY, R.J. (eds). **Climate Extremes and Society**, p. 11-23, 2008.

SUBRAMANIAM, A. **Amazon River enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean**. PNAS, v. 105, p. 10460-10465, 2008.

TAVARES, A.C. **Variabilidade e Mudanças Climáticas**, 2001. Tese (Livre Docência). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.

TOLEDO, R. F. **Educação, saúde e meio ambiente: uma pesquisa-ação no Distrito de Iauaretê do Município de São Gabriel da Cachoeira / AM**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2006.

TORRES, P.H.C.; JACOBI, P. R.; MOMM, S. **Dimensões humanas das mudanças climáticas um diálogo Austrália-Brasil**. Diálogos Socioambientais. v. 6, n. 16, mar. 2023.

TRENBERTH, K. E. **The definition of El Niño**. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 78, p. 2771-2777, 1997.

TRENBERTH, K.E. **Climate and climatic change: a New Zealand perspective.**

Wellington: New Zealand Meteorological Service Miscellaneous Publication 161. 51p. 1977.

TRENBERTH, K.E.; FASULLO, J.T.; SHEPHERD, T.G. Attribution of climate extreme events. **Nature Climate Change**, v.5, n.8, p. 725-730, 2015.

TRUONG, N. M.; TIEN, T. T.; ROGER A. PIELKE SR.; CASTRO, C. L.; LEONCINI, G. A modified Kain-Fritsch scheme and its application for the simulation of an extreme precipitation event in Vietnam. **Monthly Weather Review**, v. 137, p. 766-789, 2009.

<http://dx.doi.org/10.1175/2008MWR2434.1>.

UGEDA JUNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. C. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, volume especial, p. 160-173, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/119402-228716-1-PB.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2024.

VASQUES, M. S. **Sustentabilidade agrícola na comunidade Ilha das Flores - São Gabriel da Cachoeira, Amazonas.** Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus: UFAM, 2014.

VERDAN, I.; SIQUEIRA SILVA, M. E. Variabilidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul em relação a eventos ENOS de 2000 a 2021. **Revista do departamento de geografia**. Universidade de São Paulo (USP). www.revistas.usp.br/rdg - ISSN 2236-2878, v.42, 2022, e193110, DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.193110.

VIANA, L. P.; HERDIES, D. L. Estudo de Caso de um Evento Extremo de Incursão de Ar Frio em Julho de 2013 sobre a Bacia Amazônica Brasileira. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 27-39, 2018.

VIEIRA, P.A.; BUAINAIN, A. M.; CONTINI, E. Amazônia: Um mosaico em construção. n.4. 2019. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 28, n. 4, p. 134-136, out./nov./dez. 2019.

VIEIRA, S. de O. **Efeitos da zona de convergência do atlântico sul (ZCAS) sobre as chuvas na região sul da Amazônia brasileira** / Tese (Doutorado) --- INPA, Manaus, 2013.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, M. A. F. S.; DIAS, P. L. S. A Zona de Convergência Intertropical – ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 1, p. 27-43, 2000.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; ALVES, J. M. B. **Quantis e Eventos Extremos: Aplicações em Ciências da Terra e Ambientais**. Fortaleza: RDS, 2007.

ZAVATTINI, J. A. O Paradigma da análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **Revista Geografia**, Rio Claro-SP, v. 25, n. 3, p. 25-43.