

Tipo do manuscrito: **Artigo de Pesquisa.**

ANÁLISE DA COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL E AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA DO ESTADO DE RORAIMA

Analysis of methods for determining average annual precipitation and evaluation of the rainfall anomaly index in the state of Roraima

Ana Laura Pinheiro Ruivo Monteiro¹, Michelliny Pinheiro de Matos Bentes², Márcia Teixeira Falcão³, Milena Jéssica Guimarães Monteiro³, Lorena Araújo Durans³, Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo³

¹ Universidade Federal do Pará (UFPA), Biodiversidade e Biotecnologia pela Rede Bionorte, Belém, Brasil. E-mail alpruivo@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8760-5963>

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Belém, Brasil. E-mail. michellinybentes@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-0589-0853>

³ Universidade Estadual de Roraima - UERR, Departamento de Geografia, Boa Vista, Brasil. E-mail marciafalcão.geog@uerr.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-3190-3192>

³ Universidade Federal do Pará (UFPA), Engenharia Sanitária e Ambiental, Belém, Brasil. E-mail milenajgmonteiro@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4011-7575>

³ Universidade Federal do Pará (UFPA), Engenharia Sanitária e Ambiental, Belém, Brasil. E-mail lorenadurans.eng@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0001-9719-7318>

³ Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Brasil. E-mail mlpruivo56@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6222-5534>

Recebido em 05/05/2024 e aceito 05/05/2026.

RESUMO: O conhecimento sobre a distribuição espacial da precipitação é pertinente para o planejamento e desenvolvimento de estudos hidrológicos e ambientais. Este trabalho foi desenvolvido a partir da análise da diferença entre os métodos de média aritmética e do polígono de Thiessen para estimar a precipitação média anual do estado de Roraima, contemplando uma série histórica de 30 anos. Ao encontrar a precipitação média anual foi aplicado o índice de anomalia de chuva (IAC) para classificar os anos como positivos, quando estão acima da média histórica, e negativos, abaixo da média histórica, determinando os anos secos e chuvosos. A média aritmética indicou uma média anual de 1.827 mm enquanto que a média pelo polígono de Thiessen alcançou os 1.914 mm, o qual foi mais representativo para o estado. Identificou-se os períodos chuvoso entre abril a agosto e o período seco de setembro a janeiro. Em relação ao ICA foi encontrado anomalias positivas na maior parte dos anos

2000 a 2010, classificando-se como anos chuvosos e muito chuvosos, e os anos de 1991, 1992 e 2015 como extremamente secos. Por fim, o trabalho obteve resultados satisfatórios que representaram de maneira coerente a variabilidade da precipitação média para 30 anos de dados no estado de Roraima.

Palavras-chave Precipitação; Média Aritmética; Polígono de Thiessen; IAC.

ABSTRACT: Understanding the spatial distribution of precipitation is relevant for the planning and development of hydrological and environmental studies. This work was developed from the analysis of the difference between the arithmetic mean and Thiessen polygon methods to estimate the average annual precipitation of the state of Roraima, using a 30-year historical series. After determining the annual average precipitation, the Rainfall Anomaly Index (RAI) was applied to classify years as positive, when above the historical average, and negative, when below the historical average, thereby determining dry and rainy years. The arithmetic mean showed an annual average of 1,827 mm, while the Thiessen polygon mean reached 1,914 mm, which was more representative for the state. Rainy periods were identified from April to August and the dry period from September to January. Regarding the RAI, positive anomalies were found for most of the years from 2000 to 2010, classifying them as rainy and very rainy years, and the years 1991, 1992, and 2015 classified as extremely dry. Ultimately, the study obtained satisfactory results that coherently represented the variability of average precipitation over 30 years of data in the state of Roraima.

Keywords: Precipitation, Arithmetic Mean, Thiessen Polygon, RAI

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é uma variável imprescindível para que haja a manutenção da vida nos processos biológicos que ocorrem no meio ambiente como um todo, sendo um dos responsáveis por caracterizar o clima de uma região, além de ser utilizada como base de dados para estudos e investigações sobre os avanços dos desmatamentos e de incêndios florestais (BRANDO *et al.*, 2014; BRANDO *et al.*, 2020; FEARNSTIDE, 2008).

O conhecimento sobre a distribuição espacial da precipitação é pertinente para o planejamento e desenvolvimento de estudos hidrológicos e ambientais, considerada como a principal variável de entrada no ciclo hidrológico, sendo um agente que condiciona a dinâmica de uma bacia hidrográfica. Além disso, ela é imprescindível para obrar um planejamento urbano e ambiental de uma região (BARBOZA, CAIANA & BEZERRA NETO, 2020) e fator limitante para a produção agrícola, a exemplo (ALEIXO & SILVA NETO, 2019).

A precipitação é um fenômeno com elevada variabilidade espaço-temporal, pois o núcleo de chuva se modifica constantemente, tornando esta variação extremamente aleatória, de forma que pode vir a durar alguns minutos e até várias horas, ou dias, acompanhada de considerável amplitude de intensidade (DIAS *et al.*, 2021, MARCIANO *et al.*, 2018).

Segundo Marengo e Espinoza (2015), a região amazônica apresenta uma precipitação com grande variabilidade espacial e temporal, onde os maiores volumes anuais são observados no verão e outono austrais. Essa variação está relacionada aos padrões de circulação de grande escala como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (DE SOUZA *et al.*,

2009), dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), que é responsável por 40% da precipitação na região e que, inclusive, vem sendo reduzida como consequência dos impactos gerados pelas mudanças climáticas (REHBEIN & AMBRIZZI, 2023), e na forma de Linhas de Instabilidade (LI) que tem origem na costa norte da região Amazônica, e é um dos sistemas de mesoescala (COHEN *et al.*, 1995; SILVA DIAS *et al.*, 2009).

O El Niño e La Niña são outras ocorrências naturais que influenciam diretamente as condições climáticas da região, e fazem parte de um mesmo fenômeno acoplado, atmosférico – oceânico, no oceano Pacífico Equatorial e na atmosfera adjacente, nominado de El Niño Oscilação Sul (ENOS) (INPE, 2023). O desmatamento na região torna o El Niño mais intenso, resultando em um aumento da temperatura e do período seco.

De acordo com Marengo e Nobre (2009), metade do vapor de água que compõem o processo de formação das chuvas retorna à atmosfera por meio da evapotranspiração, evidenciando a importância de se proteger e conservar as florestas na região, além de um planejamento na distribuição no uso e ocupação do solo, que afetam diretamente na dinâmica da paisagem. Eventos extremos de precipitação podem potencializar impactos já preexistentes na região, desconsiderando os fatores físico-naturais nas atividades de planejamento e produção do espaço (ALEIXO & SILVA NETO, 2015).

A região Amazônica sofre com a dificuldade de se ter dados pluviométricos, e até mesmo de séries históricas, devido a uma rede pequena de estações instaladas e em funcionamento. Barni *et al* (2021) afirma que o extremo norte da região Amazônica é uma das regiões que apresentam maior carência na obtenção desses dados, e pauta o estado de Roraima como um dos que tem baixo dados informacionais de pluviosidade, além de que o estado, até um tempo atrás, adotava os dados de frequência de chuvas da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET que fica localizada em Boa Vista, para caracterizar o clima do estado todo.

Nesse contexto, determinar a distribuição espacial das chuvas sobre a região de Roraima pode dar embasamento para o melhoramento de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano e de desenvolvimento, assim como pode vir a contribuir para estudos de projeções futuras da pluviosidade. Roraima é uma região que enfrenta desafios em períodos de extensa precipitação, com o aumento do nível dos rios, gerando transbordamento destes e de seus afluentes, assim como alagamento em diversos pontos do estado.

Alguns métodos foram desenvolvidos para que fossem estimadas a precipitação incidente em uma determinada área, métodos esses que são recomendados por Bertoni e Tucci (2013) e Collischonn e Dornelles (2013), no qual calcula-se a chuva média, que pode ser entendida como uma lâmina de água de altura uniforme sobre toda a área considerada e associada a um dado período de tempo, sendo estes o Método da Média Aritmética, Método de Thiessen e Método das Isoietas.

O presente trabalho tem como objetivo comparar, através dos métodos da Média Aritmética e de Thiessen, a determinação da pluviosidade média do Estado de Roraima e a avaliação do índice de anomalia (IAC).

Climatologia

Há uma distinção entre clima e tempo na meteorologia que considera tempo o comportamento, em curto prazo, dos fenômenos atmosféricos (precipitação, temperatura, umidade, vento etc.), e clima refere-se ao comportamento desses fenômenos em períodos de médio e de longo prazos (INMET, 2023). Acerca disso, é observável a influência do clima exercida no desenvolvimento de uma região, pois as atividades econômicas desenvolvidas geralmente dependem das condições climáticas locais. Essas características acabam refletindo na questão econômica e social da região, assim como na qualidade de vida da população que reside nesta.

A precipitação pode ser compreendida como uma fase do ciclo hidrológico que tem como principal objetivo retornar água que se encontra condensada na atmosfera à superfície, por meio de processos de evaporação e condensação. Esse fenômeno sofre influência direta de intervenções de fatores climáticos típicos da localidade, e que podem variar de maneira sazonal.

Segundo Álvares *et al* (2013), há uma exceção em climas tropicais semiáridos, onde a precipitação pluviométrica corresponde a característica de maior importância de clima tropical, fato este explicado pelo curso da energia térmica nos trópicos ser superavitária causada pelas elevadas temperaturas e pela baixa amplitude térmica.

Dessa forma, a pluviometria em grande quantidade é uma das principais características do clima tropical, mas que sua distribuição em escala temporal e espacial ocorre de forma variada em distintas localidades (SILVA, 2018).

A topografia da região influencia o movimento na superfície com o auxílio da gravidade, impulsionando o processo de precipitação em altitudes, assim como a geologia exerce influência sobre a topografia, dimensionando de forma natural o armazenamento das águas advindas da precipitação (SALGUEIRO, 2005).

Circulação e Dinâmica Atmosférica

A atmosfera terrestre é composta de diversos gases, que não se dissipam devido ação gravitacional, e partículas em suspensão. Os movimentos atmosféricos, ou das massas de ar, que estabelecem as zonas climáticas e define os tipos de tempo é denominado de circulação geral da atmosfera (MEDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007), onde se tem o transporte do calor a meio de latitudes tropicais e polares. Desse modo, pode se classificar circulação geral da atmosfera em: primárias, que é a circulação geral da atmosfera, de vento e pressão, com padrões em larga escala, podendo também serem chamadas de globais, se mantendo ao longo do ano ou ocorrendo sazonalmente; secundárias, que são compostas por depressões e anticiclones de latitudes médias e pelas perturbações tropicais, ocorrendo de forma breve e causando efeitos locais; terciárias, que são compostos por sistemas de ventos

locais, além de serem conduzidos por fatores locais em períodos mais curtos ainda em relação aos sistemas secundários (AYOADE, 2006).

Os sistemas de circulação atmosférico que estabelecem as condições climáticas do estado de Roraima compreendem as interferências dos ventos de Oeste provindos da massa equatorial continental, ampliando os índices de precipitação, devido as particularidades dessa massa de ar, sobretudo por serem quente e úmida, atributos esses que foram adquiridas no Oeste do Amazonas (NETA & DA SILVA, 2004). As mesmas autoras afirmam ainda que esse sistema atmosférico atinge o Oeste e Sul do estado, evidenciando um aumento nos índices pluviométricos, que acabam atingindo mais de 2.000 mm anuais e não apresentando expressivas variações ao ano.

Tem-se também a atuação do sistema de ventos de Nordeste por meio da invasão da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), agindo na porção Norte e Nordeste do estado, e representando segundo Neta e da Silva (2004), índices de precipitação de 1.500mm ao ano, aproximadamente, além disso, esse sistema é limitado para o Sul do estado devido o fator continentalidade.

Nóbrega e Santiago (2014) e Souza e Almeida (2015) consideram que os eventos de flutuação térmicas alteram o comportamento das precipitações, no qual o *El Niño* é um fenômeno que aquece de modo anormal a superfície da água do Oceano Pacífico, já o *La Niña* é o oposto do *El Niño*, caracterizado pelo resfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico por uma intensidade acima do normal dos ventos alísios (INPE, 2023).

Pluviometria

Segundo Salgueiro (2005), a pluviometria faz parte do grande grupo da hidrologia que é responsável pelos processos de medição, avaliação de dados que possam vir a representar a extensão de um evento de precipitação em uma dada região ou bacia hidrográfica. Os dados podem ser aferidos através de equipamentos específicos, instalados de modo estratégico para acumularem as precipitações e mensurá-las, tendo assim, estações pluviométricas. Esses equipamentos podem ser manuais, automáticas e eletrônicas.

Essas estações, ou postos de medição de chuva, elas precisam estar aptas para realizar o monitoramento hidrológico, sendo necessária a constante manutenção dos equipamentos que compõem a estação. O objetivo da estação pluviométrica é dispor dados de séries históricas de modo contínuo de precipitação. Com isso, tem-se a rede pluviométrica que constitui de um conjunto de estações distribuídas espacialmente na região para gerar dados com mais eficiência e precisão.

CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi fundamental a realização de pesquisa exploratória a partir do levantamento bibliográfico acerca da temática em estudo por meio de repositórios digitais cientificamente reconhecidos e de acesso livre. Essa pesquisa também é caracterizada pelo método quantitativo, uma vez que, a tentativa de mostrar a importância da mensuração de dados coletados para fins de cunho

científico e contribuir para resolução de problemáticas é uma das principais características de pesquisas quantitativas, além disso, para um dos pontos de enfoque dessa metodologia é a utilização, em diversas etapas do desenvolvimento do trabalho, as técnicas matemáticas, estatísticas e probabilidades, métodos numéricos e métodos analíticos (PEREIRA *et al.*, 2018; PROETTI, 2018).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estado de Roraima está localizado no extremo norte do Brasil, ocupando uma área de 223.644,530 km², com uma população estimada de 636.707 pessoas, segundo o IBGE (2023), com altitude que varia de 90 m a 2.875 m. Na ótica geológica, o estado de Roraima localiza-se ao norte do cráton Amazonas, na porção central do escudo das guianas (HOLANDA *et al.*, 2014), fazendo-se fronteira ao norte e noroeste com a Venezuela e a leste com a Guiana, nacionalmente mantém limite territorial com o estado do Pará ao sudeste e, ao sul e a oeste com o estado do Amazonas. Assim, na Figura 1, que corresponde ao mapa de localização da área de estudo, é possível observar as características citadas anteriormente.

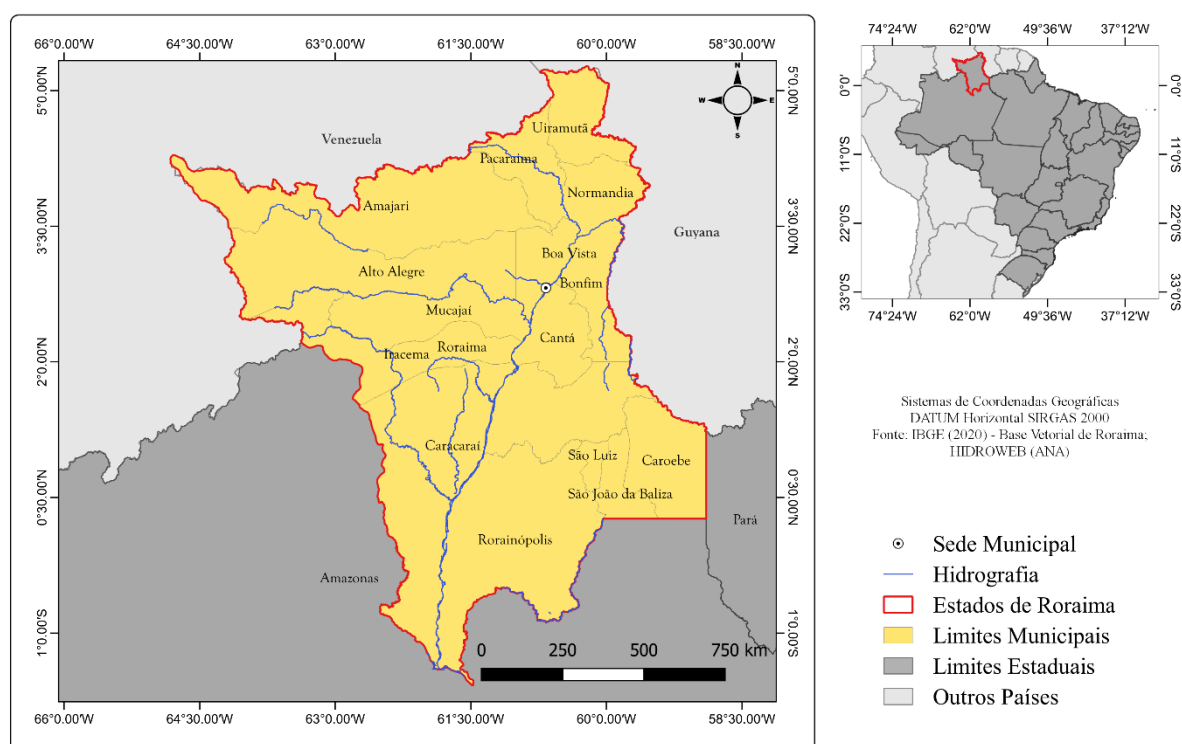


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

O Estado possui uma diversidade e singularidade de ecossistemas que compõem seu território, com sua ecologia e fitogeografia em concordância com as características do domínio morfoclimático amazônico. Suas paisagens abrangem fitofisionomias de florestas de terra firme e de inundação, campinaranas e formações savânicas, conhecidas regionalmente como lavrados. Acerca disso, Carvalho e Carvalho (2015) reconhecem a paisagem de Roraima em quatro unidades morfoestruturais:

i) áreas florestadas de vários tipos ao sul e oeste; ii) lavrado – áreas abertas com arbustos, gramíneas e ciperáceas, ilhas de mata e buritizais formando matas galerias juntamente com as matas dos rios e igarapés, a nordeste de Roraima; iii) áreas alagáveis – formações abertas com buritizais, palmáceas e herbáceas em sistemas de paleocanais, com predominância de depósitos aluvionares permanentemente alagáveis compostos por areias brancas que ocorrem no centro da região para o sul, iv) áreas montanhosas e serras baixas nas fronteiras, ao norte com a Venezuela, em ambientes florestados no geral mesclados com áreas abertas, e a leste com a Guiana, em ambientes de áreas abertas do lavrado. (CARVALHO e CARVALHO, 2015, p. 50).

Essas áreas apresentam característica que somam a geografia e ecologia local, com a biodiversidade e cultura, representando a especificidade da região. Ainda sobre essa variedade fitofisionômica que compõem a paisagem de Roraima, tem-se a afirmação que:

A porção central do Estado representa um extenso domínio savânico (Pediaplano Rio Branco), ladeado por formações florestais; bordejando este domínio, com transição de forma abrupta, verifica-se a distribuição das Floretas Tropicais com grandes variações fitofisionômicas, geologicamente representado por rochas magmáticas plutônicas (granitos/granitóides), com relevo ondulado a fortemente ondulado, posicionado no alto a médio do rio Uraricoera, alto ao médio Rio Branco, sendo os Latossolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos os solos predominantes, seguidos de Latossolos e Argissolos Amarelos e Plintossolos. (VALE JÚNIOR *et al.*, 2011, p.160).

Essa extensão de cobertura tipo savana constitui um fator amazônico peculiar e relevante para análises em estudos e conhecimentos do avanço geológico, de forma a facilitar o acesso a exposições rochosas em calhas de rios e igarapés e em regiões montanhosas/serranas (HOLANDA *et al.*, 2014). Matos *et al.* (2015) ainda destaca que a região nordeste de Roraima é a que se caracteriza como a mais seca da Amazônia, constituindo uma vegetação de transição entre cerrado e caatinga, com a presença de espécies arbóreo-arbustivas.

O clima do estado, segundo a classificação de Köppen, é tropical úmido (Af) e equatorial úmido ou quente úmido (Aw), conforme Silva (2018). Os campos naturais de Roraima são propícios às atividades de agropecuária, pecuária e produção de grãos, como a soja, de forma ambientalmente sustentável (DETUR, 2023), constituindo assim, a base econômica do estado.

Roraima apresenta características morfológicas variadas “[...] que vão desde superfícies baixas, planas, recobertas de sedimentos recentes, passando por áreas de gradual declividade até atingirmos os abruptos dos mais altos relevos brasileiros.” (AGOSTINHO, 2001), e, conseqüentemente, feições geológicas diversificadas e que contrastam entre elas. O Estado encontra-se geologicamente inserido no cráton amazônico, e que ao considerar as propostas de compartimentação geocronológica tectônica de Reis e Fraga (2000) e Reis *et al* (2003, 2006), a região integra quatro domínios litoestruturais tectono-estratigráficas, sendo estes: Parima, Guiana Central, Surumu e Uatumã-Anauá.

O Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2014) afirma que Roraima é o estado que apresenta maior diversidade geomorfológica dentro da Amazônia brasileira, e firma-se na ideia de que as características do relevo roraimense decorrem de vários eventos, que podem ser substanciados como o resultado provido de ações entre forças exógenas, como processos erosivos e de deposição, e forças endógenas, como os processos de orogenia e epirogenia. Dessa forma, a CPRM classifica as formas de análise do relevo atual por meio de unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais, os quais foram conceituados pelo projeto RADAM (BRASIL, 1975) e por Ross (2000), sendo identificadas as unidades Morfoestruturais e suas subdivisões morfoesculturais menores (SEABRA, 2019): *Terrenos Proterozóicos do Escudo das Guianas*: Planalto do Interflúvio Amazonas – Orenoco; Planalto Sedimentar de Roraima; Planalto Dissecado Norte da Amazônia; Planaltos Residuais de Roraima; Depressão Marginal Norte do Amazonas; e *Coberturas Sedimentares Fanerozóicas*: Depressão de Boa Vista; Pantanal Setentrional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Levantamento de série histórica de precipitação

Essa etapa foi realizada a partir da seleção das estações pluviométricas utilizadas no estudo. Chierice e Landim (2014) consideram como critério na escolha das estações a continuidade das informações na base de dados pluviométricos. A partir desse argumento foram selecionadas 22 estações pluviométricas (Tabela 1), levando como premissa a condição de constituir dados de série histórica de 30 anos e que apresentasse o menor número possível de falhas, correspondendo de janeiro de 1989 a dezembro de 2018. Esses dados são disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas) por meio da plataforma HIDROWEB.

Tabela 1. Estações pluviométricas selecionadas para análise de precipitação média

nº	Código	Nome	Longitude	Latitude	Município	Responsável	Operadora
1	60001	Fazenda São Lucas	-60,691	-0,228	Rorainópolis	ANA	CPRM
2	61000	Santa Maria do Boiaçu	-61,786	-0,507	Rorainópolis	ANA	CPRM
3	61001	Terra Preta	-61,932	-0,873	Caracaraí	ANA	CPRM
4	8060000	Fazenda São José	-60,465	0,521	Rorainópolis	ANA	CPRM
5	8160001	Fazenda Paraná	-60,399	1,126	Rorainópolis	ANA	CPRM
6	8160003	Agropecuária Boa Vista	-60,768	1,461	Caracaraí	ANA	CPRM
7	8161001	Caracaraí	-61,124	1,821	Caracaraí	ANA	CPRM
8	8260002	Boa Esperança	-60,718	2,470	Canta	ANA	CPRM
9	8260003	Fazenda Castelhão	-60,325	2,761	Bonfim	ANA	CPRM
10	8261000	Fé e Esperança	-61,441	2,871	Mucajaí	ANA	CPRM

11	8261001	Fazenda Três Poderes	-60,973	2,263	Mucajaí	ANA	CPRM
12	8263000	Missão Surucucu	-63,642	2,836	Alto Alegre	ANA	CPRM
13	8359000	Bonfim	-59,816	3,378	Bonfim	ANA	CPRM
14	8360000	Maloca Do Contão	-60,529	4,167	Pacaraima	ANA	CPRM
15	8360002	Fazenda Passarão	-60,571	3,208	Boa Vista	ANA	CPRM
16	8361000	Fazenda São João	-61,384	3,661	Amajari	ANA	CPRM
17	8361001	Boqueirão	-61,288	3,291	Alto Alegre	ANA	CPRM
18	8361004	Colônia Do Taiano	-61,088	3,287	Alto Alegre	ANA	CPRM
19	8361005	Tepequem	-61,718	3,759	Amajari	ANA	CPRM
20	8363000	Uaicás	-63,169	3,550	Alto Alegre	ANA	CPRM
21	8459000	Mutum	-59,859	4,452	Uiramutã	ANA	CPRM
22	8460001	Vila Surumu	-60,794	4,196	Pacaraima	ANA	CPRM

Fonte: Elaborado pelos autores.

Devido a existência de falhas nos dados de algumas séries pluviométricas, o preenchimento destas foi feito utilizando o método da Média Aritmética simples da precipitação anual, seguida de análise de consistência pelo método de Dupla Massa. Esse último método, desenvolvido pelo *U.S. Geological Survey* – USGS, é amplamente adotado no Brasil e objetiva constatar a homogeneidade dos dados de uma estação com base nos dados de observação de uma ou mais estações vizinhas (BERTONI & TUCCI, 2013). Ou seja, ponderando o total anual da precipitação ocorrido em uma estação em análise contra o total de precipitação de estações da vizinhança que apresentam homogeneidade espacial com esta.

A Figura 2 mostra a distribuição dessas estações, conforme o código, no estado de Roraima. Para a tabulação e realização dos cálculos das séries históricas, foi utilizada uma planilha eletrônica (*Software Microsoft Office Excel*), obtendo-se assim as médias mensais e anuais das séries de cada estação.

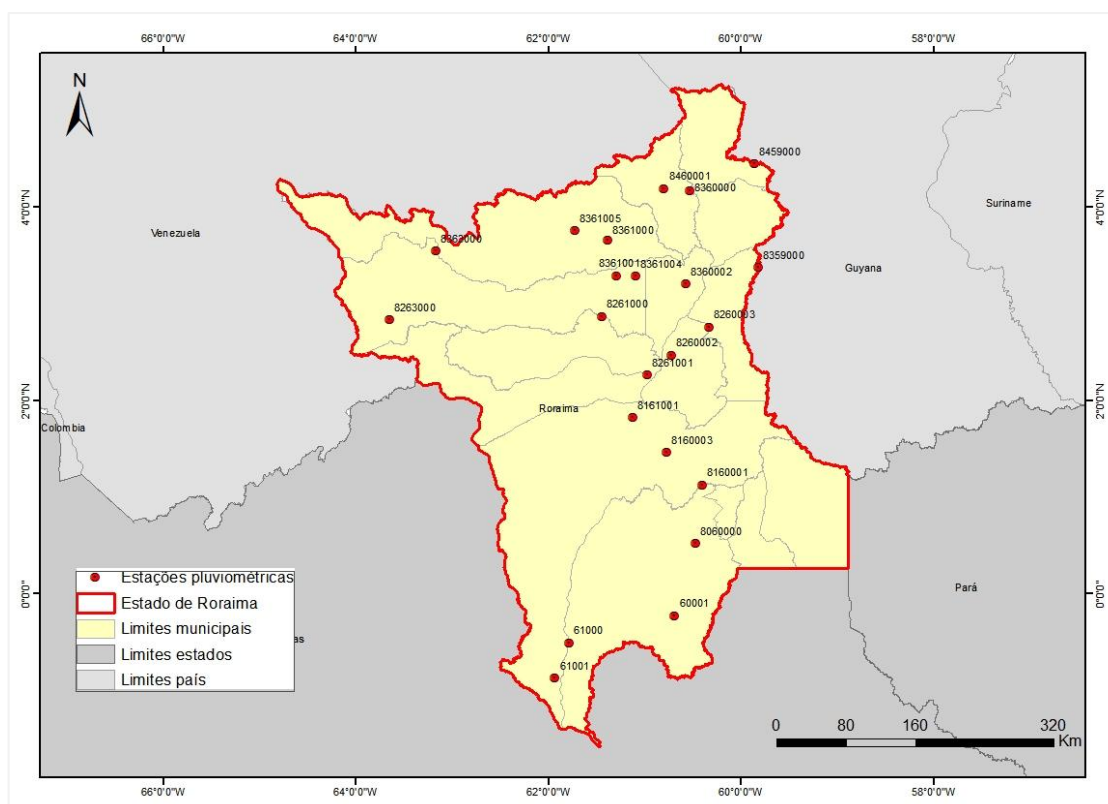


Figura 2. Mapa da distribuição das estações pluviométricas no estado de Roraima. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Ao compreender a variabilidade da distribuição espaço-temporal das precipitações é possível entender a grande importância dessa variável, uma vez que, o desenvolvimento de métodos torna-se fundamentais na orientação para a tomada de decisões, pois auxiliam os gestores no planejamento da preservação dos recursos naturais e também visam minimizar os danos ocasionados pelas irregularidades das chuvas (PEREIRA, 2014; SIMIONI *et al.*, 2014). A partir disso, segundo Tucci (2001), a determinação da precipitação em uma área é importante para o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica e um dos métodos mais usuais para determinar a precipitação média em uma área é o *Método da Média Aritmética*.

Neste método, a precipitação anual média ($\bar{h}$) será igual ao somatório das precipitações médias totais registradas em cada estação pluviométrica analisada (P_i), dividido pelo número de estações utilizadas no estudo (n). Ressalta-se que este é o método mais simples de determinação da precipitação média, pois não atribui pesos aos dados amostrados. Além disso, de acordo com Mendonça, Sena & Santos (2015), os resultados só se apresentarão como aceitáveis caso as estações estejam distribuídas uniformemente sobre a bacia, assim como o terreno não deve contar com grandes variações em sua cota topográfica (DIAS *et al.*, 2021). Para o cálculo deste parâmetro, utilizou-se a seguinte equação (1):

$$\bar{h} = \frac{\sum P_i}{n} \quad (1)$$

Método dos Polígonos de Thiessen

Para que seja aplicada este método, primeiro fez-se necessário o georreferenciamento das estações pluviométricas previamente escolhidas. Desta forma, utilizou-se o *software* ArcGis 10.2, a ferramenta 3D Analyst para as espacializações de precipitação na área de estudo, conforme proposto por Thiessen.

Com as estações já georreferenciadas, somou-se o produto da precipitação de cada estação pluviométrica (P_i) pela sua respectiva área de influência (A_i), com o objetivo de atribuir pesos para aumentar o seu grau de precisão. Em seguida, foi dividido o valor obtido pela área total da região analisada (A_T), determinando assim, a precipitação anual média ($\bar{h}$) para cada estação, conforme equação (2):

$$\bar{h} = \frac{\sum (P_i * A_i)}{A_T} \quad (2)$$

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Diante da grande variabilidade da precipitação pluviométrica e a influência das mudanças climáticas que intensificam ainda mais os efeitos da chuva, ao longo dos anos a ciência tenta por meio do desenvolvimento de técnicas prever a ocorrência de eventos extremos a partir do estudo do regime pluviométrico de uma determinada região, neste sentido, o conhecimento e interpretação podem ser realizadas por meio de índices (DE OLIVEIRA *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2015.)

O Índice de Anomalias de Chuva (IAC) é uma maneira de estudar o comportamento da precipitação pluviométrica, permitindo realizar comparações do regime pluviométrico de determinado local a partir de uma série de dados históricos com as condições atuais de chuva e também é utilizado para a caracterização da variabilidade espaço-temporal da precipitação na região de estudo (ARAÚJO *et al.*, 2007; MARCUZZO *et al.*, 2011; SANCHES *et al.*, 2014).

O IAC é calculado pelas equações (3) e (4):

$$IAC = 3 \times \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right] \quad (3) \text{ para anomalias positivas}$$

$$IAC = -3 \times \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right] \quad (4) \text{ para anomalias negativas}$$

Onde N representa a precipitação anual (mm), $\bar{N}$ a precipitação média anual de série histórica (mm), $\bar{M}$ a média das 10 maiores precipitações anuais da série histórica (mm) e $\bar{X}$ a média das 10 menores precipitações anuais da série histórica (mm).

O IAC é determinado a partir da identificação das anomalias que são consideradas positivas quando estão acima da média histórica e as negativas abaixo da média histórica. Assim como foi realizado por de Oliveira *et al.* (2016) e dos Santos & Aquino (2017), a classificação dos anos secos e chuvosos se dará por meio dos valores registrados como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação dos anos secos e chuvosos

Faixa do IAC	Categoria de intensidade
> 4	Extremamente Chuvoso
2 a 4	Muito Chuvoso
0 a 2	Chuvoso
0 a -2	Seco
-2 a -4	Muito Seco
< -4	Extremamente Seco

Fonte: Adaptado de Freitas (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Média Aritmética

Os resultados das análises dos dados estão arrolados na Tabela 3 onde é apresentada a precipitação média anual para cada estação pluviométrica ao longo dos 30 anos. Em relação aos dados, a estação Terra Preta, localizada ao sul do estado no município de Caracaraí, possui maior volume de precipitação com 2.749,72 mm se comparada as demais estações, e a que mostrou menor volume de chuva é Mutum com 1.198,28 mm, que está localizada ao extremo nordeste de Roraima no município de Uiramutã. A localização geográfica aonde se encontram as estações influencia, significativamente, tanto no registro do regime de chuvas da região, além de tipificar a vegetação da localidade, que no caso de Caracaraí apresenta uma cobertura vegetal de floresta ombrófila densa com formações de campinaranas, que são áreas encharcadas de forma periódica e relevo com rara variação de altitude, e em Uiramutã tem-se uma cobertura dominante do lavrado, formado por gramíneas e ciperáceas, além de ser uma região que conta com variações em sua cota topográfica.

Tabela 3. Precipitação média anual das estações pluviométricas

Nome	Precipitação Anual (mm)
Terra Preta	2749,72
Santa Maria do Boiaçu	2527,41
Fazenda São Lucas	2223,75
Missão Surucucu	2116,13
Uaicás	2071,18
Fazenda Paraná	2002,19
Fé e Esperança	1922,02
Fazenda São João	1884,19
Tepequem	1865,49
Fazenda São José	1810,69
Caracaraí	1805,43
Boqueirão	1771,27
Boa Esperança	1761,11
Colônia do Taiano	1722,47
Agropecuária Boa Vista	1697,07
Fazenda Castelão	1661,65

Nome	Precipitação Anual (mm)
Maloca do Contão	1658,36
Bonfim	1604,92
Fazenda Três Poderes	1579,36
Vila Surumu	1301,94
Fazenda Passarão	1259,08
Mutum	1198,28

Fonte: Elaborado pelos autores.

É importante ressaltar, conforme Salgueiro (2005) afirma, que o aspecto topográfico de uma determinada superfície pode ser um importante fator na distribuição e intensidade pluviométrica. A água coletada por um pluviômetro representa o volume precipitado na região de abrangência do equipamento, assim, a escolha do local ideal para instalação dos equipamentos pluviométricos deve levar em consideração o relevo da localidade, sendo locais planos e horizontes amplos o recomendável, devido as perturbações/turbulências que podem ser causadas pelo efeito dos ventos (BLAINSKI *et al.*, 2012), diminuindo a eficiência do sistema.

Na Figura 3 é possível visualizar o comportamento da precipitação anual da série histórica, no qual a estimativa para todo o estado de Roraima foi no entorno de 1.827 mm, apresentando valor máximo de 2.320 mm no ano de 1999 e mínimo de 1.000 mm no ano de 1991. Em Roraima a intensidade média anual de chuva é superior a 2.000 mm/ano, as maiores variações ocorrem na direção noroeste, e nas áreas de savana os valores são menores que 1.800 mm/ano. A precipitação decorre principalmente do Atlântico Tropical Norte e com intensa reciclagem pela floresta por meio da evapotranspiração (MARINHO & RIVERA, 2021; SALATI & MARQUES 1984; SORÍ *et al.* 2017).

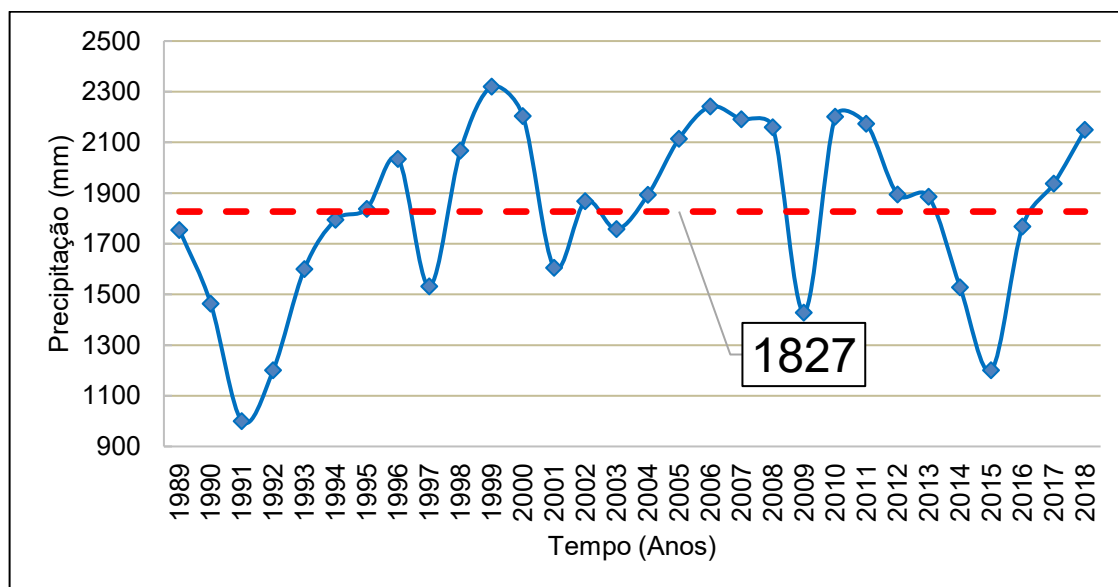


Figura 3. Regime de chuva ao longo de 30 anos de análise em Roraima. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

A distribuição espacial da precipitação média anual do estado pode ser observada na Figura 4, sendo possível determinar duas áreas de maiores volumes de chuva que ocorre no sul do estado com um total de 2.700 mm e ao noroeste-centro com um total de 2.100 mm. Os mínimos são encontrados no extremo nordeste do estado, o que corrobora com a pesquisa de Custódio (2017), que encontrou semelhante resultado e ainda justificou o comportamento para os volumes mínimos ocorrerem no extremo nordeste. A influência é determinada pela orografia local pois no extremo nordeste do estado estão localizados os Monte Caburai com 1.465 m de altitude e o Monte Roraima com ponto mais alto localizado no extremo sul, que marca 2.875 m.

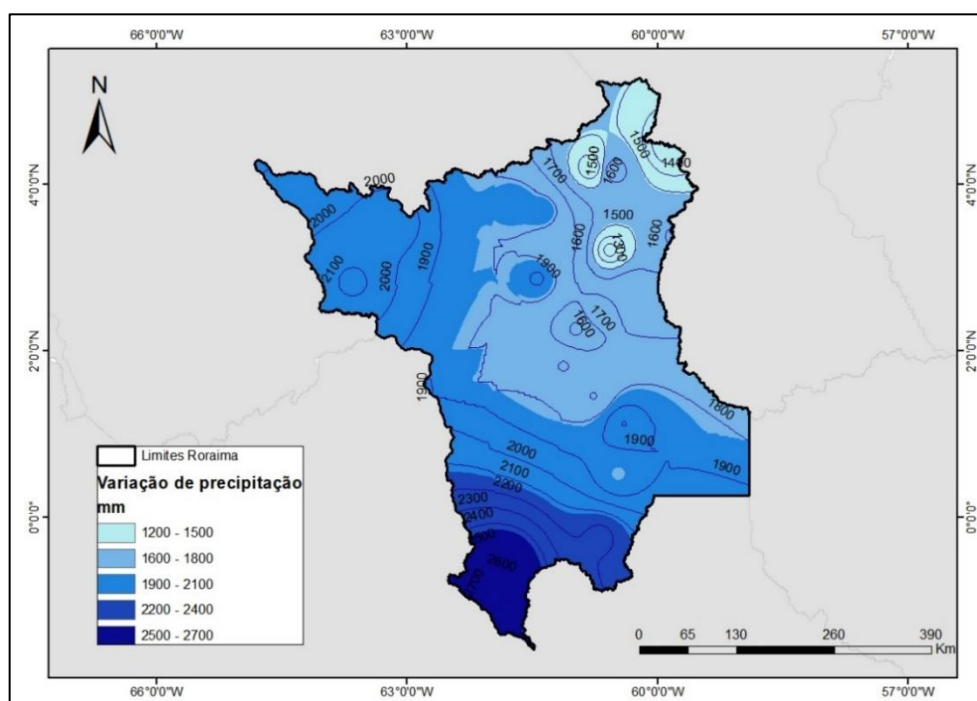


Figura 4. Espacialização da precipitação média em todo o estado de Roraima. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Diante disto, é justificável o comportamento da precipitação no extremo nordeste do estado, pois o relevo é um mecanismo físico que possui grande influência para o microclima local, o ar que é soprado contra a montanha denominado barlavento é ascendente e úmido, o que causa os altos índices pluviométricos e extensa vegetação, já o sotavento é ar descendente, que possui característica de seco e quente, o que causa a diminuição de chuva e vegetação de porte menos elevado (CUSTÓDIO, 2017).

A Figura 5 representa um mapa de altimetria do Lavrado da região nordeste de Roraima por Moraes & Carvalho (2015), com três sistemas morfológicos, sendo relevante citar os que: apresentam um sistema de cotas acima de 800 m (ponto C), localizados ao norte e de feições de relevo com forte controle estrutural, vales encaixados e formação de *hogbacks* e *inselbergs*; e de áreas de transição da

superfície de aplainamento e áreas consideradas de serra com altitudes abaixo de 800 m (pontoa A-a).

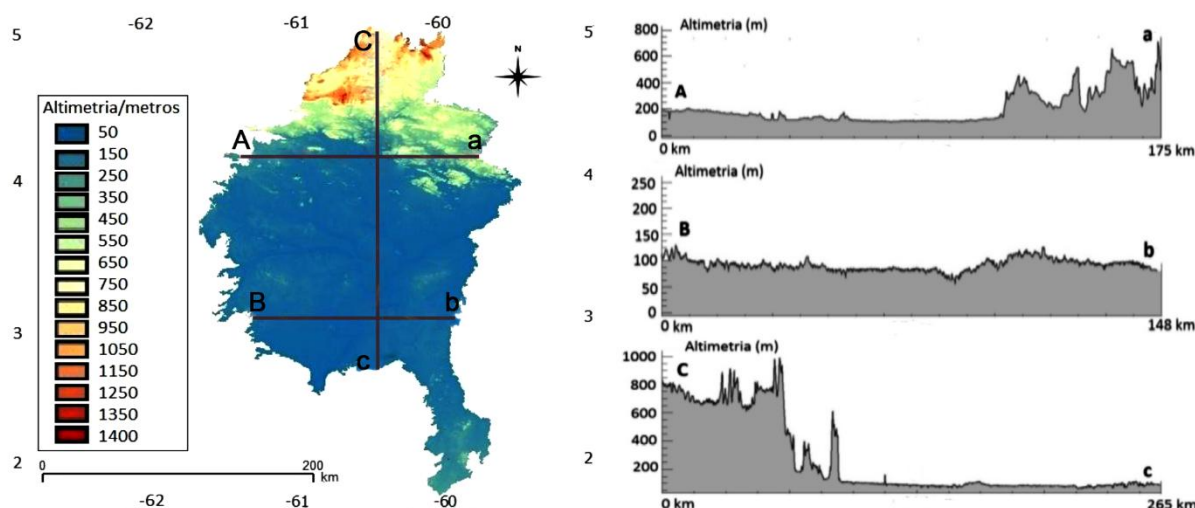


Figura 5. Mapa altimétrico do Lavrado de Roraima. **Fonte:** Adaptado de Moraes & Carvalho (2015).

Nesta região os ventos acontecem de leste, o que força o ar ascendente na montanha, desta maneira o ar é resfriado e favorece a precipitação a barlavento, após esse processo o ar passa para o outro lado da montanha seco e frio e assim não chove, ou chove pouco a sotavento da montanha. (CUSTÓDIO, 2017).

Ainda para compreender o comportamento da chuva no estado, determinou-se o ano hidrológico a partir das médias mensais, onde a média mensal foi de 160,39 mm, e por meio do gráfico representado pela Figura 6, pode ser observado que nos meses de abril a agosto ocorrem as maiores precipitações (período úmido), e a partir de setembro a março o volume de chuva é menor (período seco).

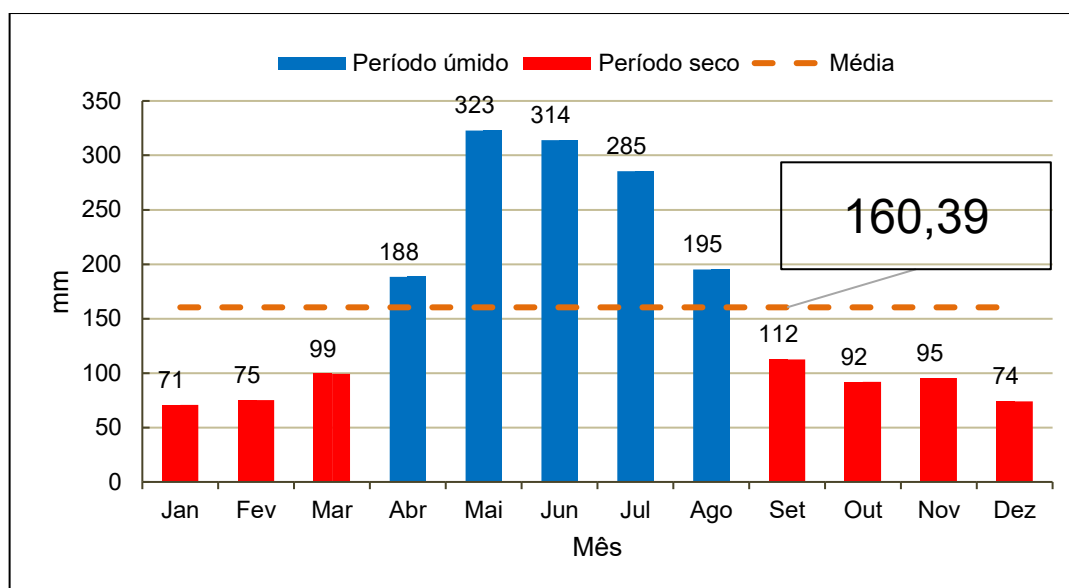


Figura 6. Ano hidrológico a partir das médias mensais. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Nota-se, por meio da espacialização das médias pluviométricas mensais, Figura 7, a ratificação do período chuvoso do ano hidrológico no estado com grandes volumes concentrados em abril e final de setembro, abrangendo o noroeste, centro e sul de Roraima. O estudo desenvolvido por Araújo *et al.* (2001) estimou a variação mensal de chuva utilizando somente o município de Boa vista e chegou a mesma conclusão, além de enaltecer a importância de saber estes períodos para a economia pois a probabilidade de ocorrência de chuva serve para o desenvolvimento de projetos agrícolas ou de irrigação.

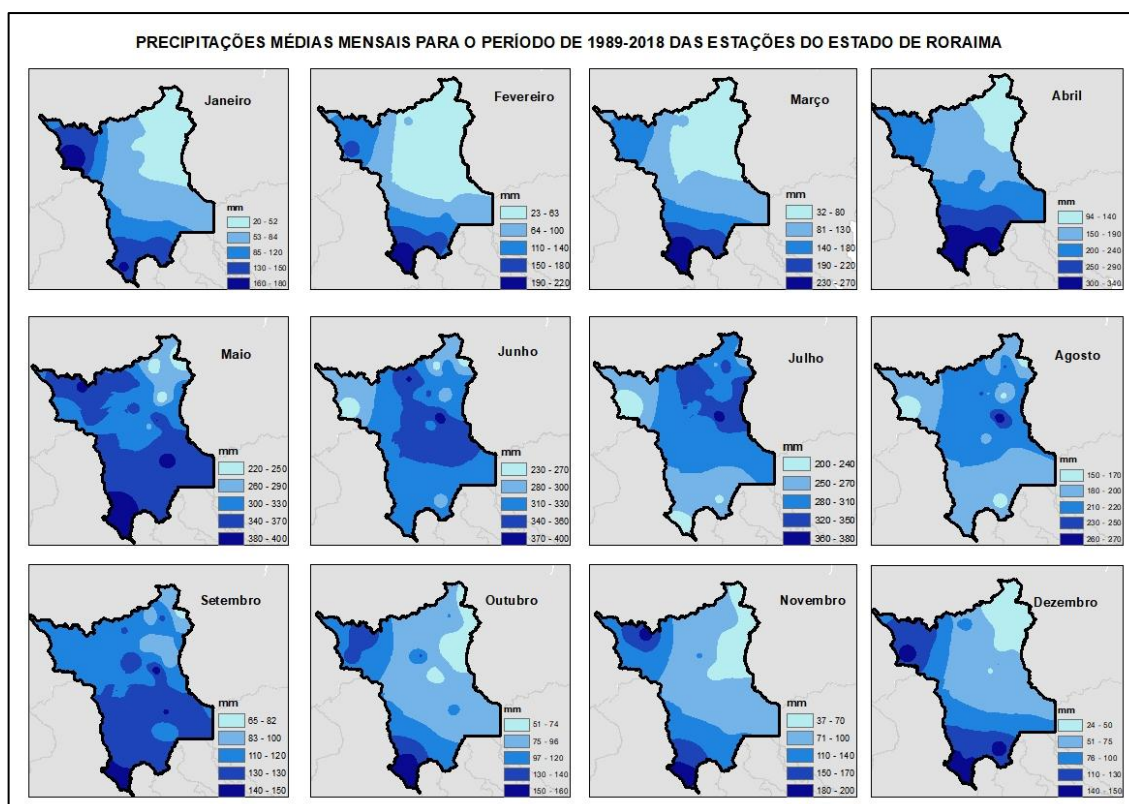


Figura 7. Espacialização das precipitações médias mensais. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Roraima possui estações de chuva e seca bem pré-determinadas ao longo do ano como fora observado anteriormente, os períodos extremos de quatro meses de chuvas intensas e quatro meses de pouca chuva possui uma grande relação com o tipo de vegetação e o relevo da região, pois nestes casos a chuva é uma das responsáveis pela manutenção da paisagem da localidade, considerando um sistema geocológico onde há o envolvimento da geologia, relevo, pedologia, clima e hidrografia local. A típica vegetação oriunda da floresta amazônica é encontrada ao sul do estado onde ocorrem as maiores pluviosidades enquanto que do norte ao centro do estado estão localizados os campos, lavrado ou savanas típicas de regime seco com poucas chuvas (BARBOSA *et al.*, 1997; SILVA., 2022).

Polígono de Thiessen

De forma comparativa e para estimar por outra metodologia a precipitação no estado de Roraima, foi aplicado o método de Thiessen, onde na Tabela 4 são informadas as áreas de influência das estações obtidas por meio de *software* SIG para poder realizar os cálculos e determinar a precipitação média anual no estado. Neste método não é considerada a não uniformidade da distribuição das estações pluviométricas, ou seja, as estações distribuídas aleatoriamente não invalidam a metodologia, e o relevo da localidade não é considerado (TUCCI, 2001).

Tabela 4. Área de influência da estação por meio do Polígono de Thiessen

Código	Área (km²)
0060001	11243,67
0061000	18184,25
0061001	5638,35
8060000	17436,06
8160001	18996,24
8160003	10382,63
8161001	22048,03
8260002	5467,94
8260003	7121,41
8261000	15473,33
8261001	4420,84
8263000	18632,78
8359000	4269,67
8360000	6656,20
8360002	5445,68
8361000	3775,11
8361001	2206,88
8361004	3327,53
8361005	11072,55
8363000	18415,16
8459000	6698,28
8460001	6826,67

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados da espacialização das áreas de influência das estações estão representados pela Figura 8, onde a precipitação média anual estimada foi de 1.914 mm. Em comparação a média aritmética, o polígono de Thiessen obteve uma estimativa mais adequado que pôde representar a pluviosidade média anual do estado, pois ficou próxima aos 2.000 mm assim como foi mencionado por Marinho & Rivera (2021). No estudo desenvolvido por Gonçalves *et al.* (2013; 2016) sobre a distribuição pluviométrica em bacias situadas no estado de Roraima foi utilizado o polígono de Thiessen, e foi encontrado uma média de 1.919 mm utilizando estações pluviométricas deste mesmo referido trabalho, o que contribui para a validade do método.

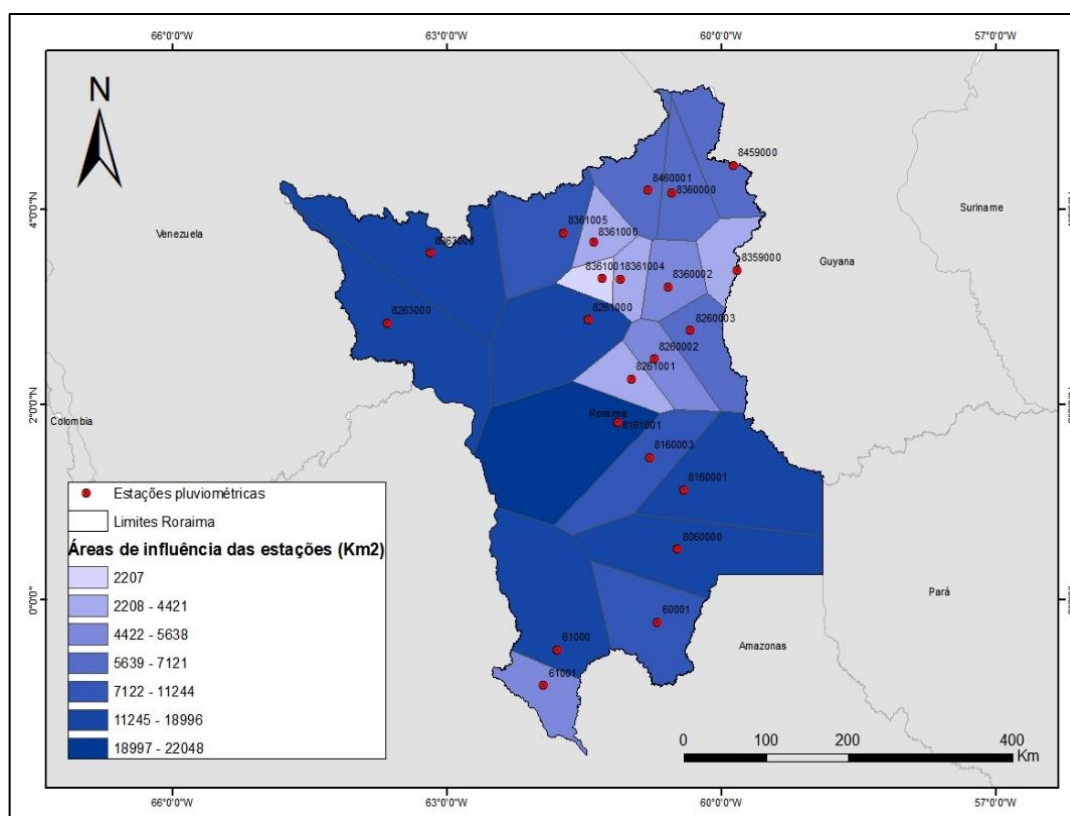


Figura 8. Precipitação média anual por polígono de Thiessen. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Índice de Anomalia de Chuva

Para o cálculo do IAC foi utilizado o valor de 1.914 mm, valor da precipitação média anual estimada pelo método de Thiessen. A partir da análise dos dados dispostos na Tabela 5 foi possível avaliar o grau de severidade e de duração dos períodos secos e chuvosos das séries dos dados, onde constatou-se que Roraima obteve, no período de 1989 a 2018, doze anos com desvios positivos e dezoito anos de desvio negativo.

Tabela 5: Classificação dos anos de acordo com o IAC

Ano	IAC positivo	CLASSIFICAÇÃO	Ano	IAC negativo	CLASSIFICAÇÃO
2017	0,3	Chuvoso (C)	1991	-5,7	Extremamente Seco (ES)
1996	1,4	Chuvoso (C)	1992	-4,4	Extremamente Seco (ES)
1998	1,7	Chuvoso (C)	2015	-4,4	Extremamente Seco (ES)
2005	2,2	Muito Chuvoso (MC)	2009	-3,0	Muito Seco (MS)
2018	2,6	Muito Chuvoso (MC)	1990	-2,8	Muito Seco (MS)
2008	2,8	Muito Chuvoso (MC)	2014	-2,4	Muito Seco (MS)
2011	2,9	Muito Chuvoso (MC)	1997	-2,4	Muito Seco (MS)
2007	3,1	Muito Chuvoso (MC)	1993	-2,0	Seco (S)

2010	3,2	Muito Chuvoso (MC)	2001	-1,9	Seco (S)
2000	3,2	Muito Chuvoso (MC)	1989	-1,0	Seco (S)
2006	3,7	Muito Chuvoso (MC)	2003	-1,0	Seco (S)
1999	4,5	Extremamente Chuvoso (EC)	2016	-0,9	Seco (S)
			1994	-0,7	Seco (S)
			1995	-0,5	Seco (S)
			2002	-0,3	Seco (S)
			2013	-0,2	Seco (S)
			2004	-0,1	Seco (S)
			2012	-0,1	Seco (S)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A avaliação do IAC enriquece o estudo pois se consegue analisar quais anomalias poderiam ter influenciado a classificação dos anos. Nos anos de 1991, 1992 e 2015 foram considerados períodos extremamente secos, e isso poderia ter relação com o fenômeno *El Niño*. Em estudo realizado por Silva *et. al* (2015) sobre o ciclo de precipitação na região de Boa Vista, onde foi feito um copilado dos eventos de *El Niño* ao longo de 74 anos, pôde-se verificar que em todos os anos que houve a classificação extremamente seca ocorreu o fenômeno *El Niño* de intensidade forte, assim também como foi analisado por Vasconcelos e Diniz (2020), corroborando com os resultados encontrados no IAC. Essa análise é importante para prever possíveis focos de incêndio por exemplo. Em seu trabalho, Justino & Andrade (2000), afirmam que nos primeiros meses do ano o norte da Amazônia é um local de foco de incêndio, sendo a região do extremo nordeste de Roraima região com chuvas reduzidas e que possui vegetação do tipo pastagem.

Para a classificação dos anos muito chuvosos e extremamente chuvoso pode se ter a relação com o fenômeno *La Niña*, pois nos anos de 1998 a 1999 houveram ocorrências desse evento de intensidade forte, além de boa parte dos anos de 2000 a 2010 terem ocorrido os eventos de grande cheia na bacia amazônica (COUTINHO *et.*, 2018; ESPINOZA *et al.*, 2014) e ainda, Carvalho (2018) identificou em seu estudo em Boa Vista, nos anos de 1998, 2005, 2006, 2010 e 2011 que houve precipitação classificada como chuva extrema, apesar da capital ser uma pequena parcela do estado, pôde expressar esse comportamento sob efeito de *La Niña* a título de exemplificação dos efeitos desse fenômeno e agregar validade ao IAC que consegue representar os eventos extremos em determinada localidade.

A Figura 9 mostra a relação dos IAC's ao longo dos 30 anos, onde, predominantemente, houve anos de maiores secas, o que pode ser explicado pelos efeitos de fenômenos climáticos que ocorrem na região que Roraima está inserida, ao lado da floresta amazônica e oceano Atlântico.

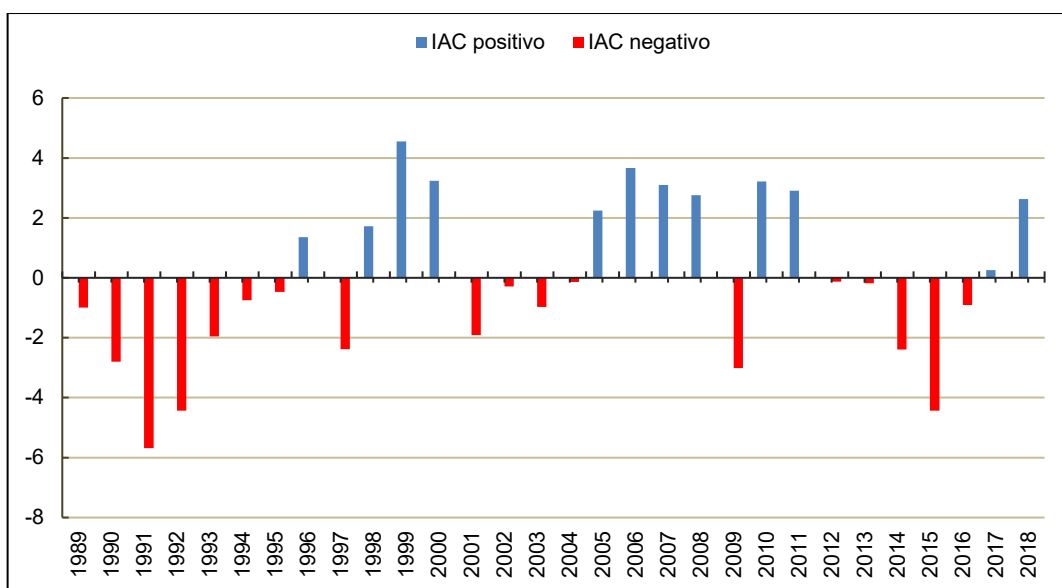


Figura 9: Relação dos IAC's positivos e negativos ao longo dos 30 anos. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

A variabilidade temporal analisada apresentou valores dos índices oscilando em positivos e negativos, não sendo levado em consideração determinado período do ano. Os índices negativos, com precipitação abaixo do normal e elevado período de estiagem, afetam as roças de comunidades indígenas devido ao aumento de incêndios, tendo também um aumentam de problemas respiratórios por causa da fumaça gerada e material particulado emitidos durante o processo de queima, o volume de água do Rio Branco, e de outros rios, que é um dos principais mananciais de água para abastecimento da população, da pecuária e agricultura, também é afetado. Salienta-se que esses incêndios estão relacionados as queimadas que são autorizadas pelo governo para a limpeza de áreas rurais, e em períodos de seca extrema, a queimada controlada acaba gerando incêndios florestais e consumindo, além da vegetação, casas e até mesmo a fauna.

Sabe-se que alterações climáticas sempre ocorreram de forma natural, desse modo, não se deve desprezar o papel social como interferente nos processos dos sistemas e fenômenos meteorológicos, intensificando possíveis desastres naturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da precipitação é muito importante para se compreender a dinâmica do clima de uma região, é uma variável que ajuda a contribuir no planejamento e desenvolvimento de projetos no que tange o gerenciamento dos recursos hídricos, além de auxiliar na prevenção de eventos extremos de seca ou grandes chuvas, influenciados por fenômenos a exemplo do *El Niño* e *La Niña*. Ao se trabalhar com dados pluviométricos é necessário encontrar metodologias que representem de forma correta a área em questão, e o que ajuda a estima são análises a partir de índices que tornam os estudos confiáveis.

Com os resultados encontrados a partir da série histórica de 1989 a 2018, foi possível entender a dinâmica da precipitação do estado de Roraima, onde chove em média 1.914 mm, resultado obtido com o uso do polígono de Thiessen para estimar a média de precipitação anual do estado, tendo sido essa metodologia mais exitosa em comparação com a média aritmética que ficou abaixo, levando-se em consideração os trabalhos desenvolvidos por outros autores, pois essa região se caracteriza por ter altos índices de pluviosidade.

A média aritmética é um método considerado simples para se determinar a precipitação em uma área, não levando em consideração variações geográficas, dessa forma, conclui-se que esse é um método que melhor estimaria a precipitação para áreas planas e que apresentem uma maior concentração de estações pluviométricas com dados mais consolidados, o que se difere do estado de Roraima, pois se caracteriza por ter variações significativas em seu relevo que influenciam diretamente no comportamento climatológico. Neste sentido, fica claro a necessidade de aplicação de outros métodos de estimativa para se ter mais acurácia na determinação, como o polígono de Thiessen.

Ao determinar os gráficos do ano hidrológico e espacializar os dados mensais de chuva, além dos resultados comparativos encontrados ao longo do trabalho, que mostraram que o polígono de Thiessen melhor estimou a precipitação média anual do estado, pôde-se entender que as maiores intensidades pluviométricas se concentram nos meses de abril a agosto, enquanto que os demais meses é caracterizado pelo período de seca.

Roraima possui estações sazonais bem definidas e as características geográficas do estado influenciam nessa distribuição de chuvas. Observou-se que as chuvas ocorrem com maior intensidade de noroeste a sul do estado, e no extremo nordeste estão as menores precipitações que está fortemente ligada a proximidade do Monte Roraima. Essas características influenciam diretamente no tipo de vegetação em cada parte do estado.

Em relação ao IAC, obteve-se resultados satisfatórios ao encontrar os anos que tiveram anomalias positivas e negativas, pois foi possível associar aos fenômenos *El Niño* para as classificações de extremamente seco nos anos de 1991, 1992 e 2015, e sob influência da *La Niña*, os eventos de grandes cheias e volumes de chuvas em 1999 e nos anos de 2000 à 2010 classificados como chuvosos e extremamente chuvoso.

Esse estudo resultou na compreensão da variabilidade espacial do regime pluviométrico no estado de Roraima e na importância na validade dos dados encontrados nas estações pluviométricas pois ainda há muitas falhas nas séries históricas, o que dificulta a validade da representação do regime de chuva de uma localidade. Além disso, foi verificado apenas a variável precipitação, mas ressalta-se a importância de observar outros aspectos, tais como: características hídricas do solo, cultura a ser explorada, práticas culturais adotadas e presença de períodos de estiagem (veranicos) dentro do período chuvoso que contribuem para um melhor entendimento da característica climatológica da região.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, J. **Subsídios à Discussão de um Plano de Desenvolvimento Sustentável para o Estado de Roraima**. 2001. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. Caracterização da precipitação pluviométrica do médio solimões-AM. **Acta Geográfica**, v. 13, n. 31, p. 104-120, 2019. DOI:10.18227/2177-4307.acta.v13i31.4952
- ÁLVARES, C.A; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES, GONÇALVES. J.L, SPAROVEK, G.; Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI:10.1127/0941-2948/2013/0507
- ARAUJO, L. E.; SILVA, D. F; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007. DOI: 10.51359/2238-6211.2007.228680
- ARAUJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. D., MEDEIROS, R. D. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 563-567, 2001. DOI: 10.1590/S1415-43662001000300032
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 11ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLON, E.G. (eds.). Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. In: BARBOSA, R.I. **Distribuição das chuvas em Roraima Manaus**, INPA, 1997. p. 325-335
- BARBOZA, E. N.; CAIANA, C. R. A.; NETO, F. B. Análise da precipitação pluviométrica na Região do Centro-Sul Cearense: Um estudo do período (1980-2009). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. 64, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i6.3304
- BARNI, P. E.; BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; XAUD, M. R.; FEARNSIDE, P. M. Precipitação no extremo norte da Amazônia: distribuição espacial no estado de Roraima, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 420-436, 2021. DOI: 10.14393/SN-v32-2020-52769
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In C. E. M. Tucci (Org.), **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS - ABRH, 2013. p. 177 – 242.
- BLAINSKI, E.; GARBOSSA, L.H.P.; ANTUNES, E.N. **Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação**. Florianópolis: Epagri, 2012.
- BRANDO, P. M.; BALCH, J. K., NEPSTAD, D. C., MORTON, D. C., PUTZ, F. E., COE, M. T.; Soares-FILHO, B. S. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to

drought–fire interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 17, p. 6347-6352, 2014.

BRANDO, P. M.; SOARES-FILHO, B., RODRIGUES, L., ASSUNÇÃO, A., MORTON, D., TUCHSCHNEIDER, D.; COE, M. T. The gathering firestorm in southern Amazonia. **Science Advances**, v. 6, n. 2, p. 1-9, 2020.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA.20 Boa Vista e parte das Folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. V.8: Levantamento de Recursos Naturais, Rio de Janeiro, 1975.

CARVALHO, A. A. **Modelagem hidrológica para extremos de inundações e secas para o município de Boa Vista em Roraima**. 2018. Dissertação (Mestrado em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

CARVALHO, T. M.; CARVALHO, C.M. Paisagens e Ecossistemas. In: SILVEIRA, E. D.; CAMARGO, S. A. F. (org.). **Socioambientalismo de fronteiras: relações homem-ambiente na Amazônia**. Curitiba: Ed. Juruá. p. 43 – 68, 2015.

CHIERICE, R. A. F; LANDIM, P. M. B. Variabilidade Espacial e Temporal de Precipitação Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 33, n. 1, p.157-171, 2014.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. Enviromental conditions associated with amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, p. 3163-3174, 1995.

COLLISCHONN, W; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. v. 1. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. p. 336.

COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. D. M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1321-1334, 2015. DOI: 10.5935/1984-2295.20150071

COUTINHO, E. DE CASTRO; DA ROCHA, E. J. P.; LIMA, A. M. M.; RIBEIRO, H. M. C.; GUTIERREZ, L. A. C. L., BARBOSA, A. J. S.; TAVARES, P. A. Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018. DOI: 10.5380/abclima.v22i0.46074

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Geodiversidade do Estado de Roraima. Programa Geologia do Brasil levantamento da geodiversidade. Superintendência Regional de Manaus. Manaus 2014.

CUSTÓDIO, L. L. M. **Análise da precipitação pluvial da pré-estação e da estação chuvosa de Roraima e do leste do Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em meteorologia) pelo Programa de Pós-Graduação em Meteorologia – Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

DE OLIVEIRA ALVES, J.; DE CALDAS PEREIRA, P.; DE QUEIROZ, M. G., DA SILVA, T. G. F., DA SILVA FERREIRA, J. M.; JÚNIOR, G. D. N. A Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do Estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, 2016. v. 14, n. 1, p. 37-47. DOI: doi.org/10.21576/pa.2016v14i1.4

DE SOUZA, E. B.; LOPES, M. N.; DA ROCHA, E. J., SOUZA, J. R. S.; CUNHA, A. C. D.; SILVA, R. R. D; VITORINO, M. I. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 24(2), p. 111-124, 2009.

DETUR - DEPARTAMENTO DE ESTADO DO TURISMO. **Regiões Turísticas**. Disponível em: <http://www.turismo.rr.gov.br/index.php/legislacao/regioes-turisticas>. Acesso em: 02 de setembro, 2023.

DIAS, E. C.; PENNER, G. C.; DO NASCIMENTO, J. S.; MONTEIRO, M. J. G.; LOPES, P. V. N. Determinação comparativa da precipitação anual média na região metropolitana de Belém-PA. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.14133

DIAS, M. A. F. S.; ROZANTE, J. R.; MACHADO, L. A. T. Complexos Convectivos de Mesoescala na America do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. (orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 181-194. 2009.

DOS SANTOS, F. A.; DE AQUINO, C. M. S. Análise da precipitação pluviométrica no município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 2, p. 619-633, 2017. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2017.123154

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. 124007, 2014.

FEARNSIDE, P. M. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. **Ecology and society**, v. 13, n. 1, 2008.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 26, n. 1, p. 84 – 95. 2005. Suplemento.

GONÇALVES, L. J. M.; ARAÚJO, S. R. V.; LIMA, A. M. M.; ROCHA, E. J. P. Estimativa da distribuição da precipitação pluviométrica e de vazões mínimas de referência para as bacias dos rios branco e negro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, 2013, Bento Gonçalves. Anais [...]. Bento Gonçalves: ABRH, 2013, p. 1-8.

GONÇALVES, L. J. M.; ROCHA, E.; LIMA, A.; SERRÃO, E.; SANTOS, C. Variabilidade da precipitação e a produção de arroz na bacia hidrográfica do rio Branco. **Revista Ambiência**. v. 12, n. 4. p. 835 – 855. 2016.

HOLANDA, J. L. R.; MARMOS, J. L.; MAIA, M. A. M. **Geodiversidade do Estado de Roraima** – Programa Geologia do Brasil Levantamento da Geodiversidade. CPRM. 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados – Roraima. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rr.html>>. Acesso em: 10 de julho, 2023.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Glossário. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/glossario/gloss%C3%A1rio#:~:text=Refere%2Dse%20ao%20comportamento%20dos,temperatura%2C%20umidade%2C%20vento%20etc.&text=A%20fus%C3%A3o%20de%20duas%20gotas%20de%20%C3%A1gua%20em%20uma%20%C3%BAnica%20gota%20maior>. Acesso em: 20 de novembro de 2023.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Condições atuais do ENOS: caracterização do El-Niño**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 10 de set. 2023.

JUSTINO, F. B.; ANDRADE, K. M. Programa de monitoramento de queimadas e prevenção de controle de incêndios florestais no arco do desflorestamento na Amazônia (PROARCO). In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, SBMET, Rio de Janeiro. Anais. Rio de. 2000. p. 647-653.

MARCIANO, A. G.; BARBOSA, A. A.; SILVA, A. P. M. Cálculo de precipitação média utilizando método de Thiessen e as linhas de cumeada. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, 2018.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.16, n.4, p.157-167, 2011.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. Clima da região Amazônica. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. (Orgs.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. cap. 13, p.197-207. 2009.

MARENGO, J.A.; ESPINOZA, J.C. Extreme Seasonal Droughts and Floods in Amazonia: Causes, Trends and Impacts. **International Journal of Climatology**, v 36, p.1033-1050. 2015.

MARINHO, R. R.; RIVERA, I. A. A Precipitação Estimada por satélite na Bacia Do Rio Negro, Noroeste Amazônico (1981-2017). **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 50, p. 44-61, 2021. DOI: 10.5380/raega.v50i0.67426

MATOS, C.H.L de; NASCIMENTO, P. P. R. R.; ALVES, R. N.; ALMEIDA, K. M de. Gênese e morfologia das principais classes de solo encontradas nas regiões central e norte de Roraima. **Revista de Biologia e Ciências da Terra, São Cristóvão**, v. 15, n. 2, p. 53-58, 2015.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MENDONÇA, M. C. S.; SENA, I. M. N.; SANTOS, M. R. A. Comparação dos métodos da média aritmética e de Thiessen para determinação da pluviosidade média da sub-bacia do Rio Siriri. *Anais eletrônicos*, v. 2, 2015.

MORAIS, R. P.; CARVALHO, T. M. Aspectos dinâmicos da paisagem do lavrado, nordeste de Roraima. **Geociências**, v. 34, n. 1, p.55-68, 2015.

NETA, L. C. B.; DA SILVA, G. F. N. A influência dos elementos climáticos e a variação da ocorrência de focos de calor no espaço geográfico de Roraima. **Textos e Debates**, n. 7, 2004. DOI: 10.18227/2317-1448ted.v1i7.1029

NÓBREGA, R.S; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de temperatura na superfície 118 do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e a variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Revista Mercator** (Fortaleza. Online), v. 13, p. 107-118, 2014.

PEREIRA, A. S.; SHITSUKA, D. M.; PEREIRA, F. J.; SHITSUKA, R. Metodologia do trabalho científico. Santa Maria: UAB / NTE / UFSM, 1ª ed. 2018.

PEREIRA, E. **Índices pluviométricos na análise da intensidade e variabilidade regional das chuvas no nordeste do Brasil**. 2014. Tese (Doutorado em meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2014.

PROETTI, Sidney. As pesquisas qualitativa e quantitativa como métodos de investigação científica: Um estudo comparativo e objetivo. **Revista Lumen** - ISSN: 2447-8717, v. 2, n. 4, 2018. DOI: 10.32459/revistalumen.v2i4.60

REHBEIN, A., AMBRIZZI, T. Mesoscale convective systems over the Amazon basin in a changing climate under global warming. **Clim Dyn**, v. 61, 1815–1827, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06657-8>.

REIS N.J, WANDERLEY FILHO J.R, YORK D, EVENSEN N. M, SMITH P. E. Dois eventos de magnetismo máfico mesozóico na fronteira Brasil Guiana, escudo das Guianas: enfoque à região do rifte Tacuto North Savannas. Em Silva, M.G. & Franca Rocha, W.J.S. (Org.). **Coletânea de Trabalhos Completos**. Salvador: SBG. p. 459 464, 2006.

REIS N.J., FRAGA L.M.B., FARIA M.S.G., ALMEIDA M.E. 2003. Geologia do Estado de Roraima, Brasil. **Geology of France and Surrounding Areas** - Special Guiana Shield, n. 2-3-4, p. 121-134, 2003

REIS, N. J.; FRAGA, L.M.B. Geologic and tectonic framework of Roraima state: Guiana Shield. In: INTERNATIONAL GEOLOGY CONGRESS, 31st, 2000, Rio de Janeiro. Expanded Abstract... Rio de Janeiro: [S. n.], 2000.

ROSS J.L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 5 ed. São Paulo: Contexto, p.85, 1990.

SALATI, E.; MARQUES, J. Climatology of the Amazon region. In: SIOLI, H. (Org.). The Amazon Limnology and landscape ecology of mighty tropical river and its basins. Dordrecht: **Springer Netherlands**, 1984. p. 85 - 126.

SALGUEIRO, J. H. P. B. **Avaliação de rede pluviométrica e análise de variabilidade espacial da precipitação: estudo de caso na Bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco.** Dissertação (mestrado em engenharia civil) do Programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/Rs (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 51, p. 73–84, 2014.

SEABRA, G. F. Geodiversidade e geoturismo no estado de Roraima. **Revista Eletrônica Casa de Makunaima**, v.2, n.3, p.64-75, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24979/makunaima.v2i3.448>

SILVA, D. A.; SANDER, C.; JÚNIOR, A. C. R. A.; WANKLER, F. L. Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista-RR nos anos de 1910 a 2014. **Revista Geográfica Acadêmica**, Roraima, v. 9, n. 2, p. 34-49, 2015. DOI: 10.18227/1678-7226rga.v9i2.3145

SILVA, E. J. M. **Dinâmica hídrica na cidade de Rorainópolis-RR: uma análise a partir do comportamento pluviométrico.** Dissertação (Mestrado em geografia). Programa de Pós - Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2018.

SILVA, J. M. **Caracterização de áreas de restrição de uso na bacia hidrográfica do Igarapé Carrapato, Boa Vista-RR.** Dissertação (Mestrado em gestão e regulação de recursos hídricos) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2022.

SIMIONI, J. P. D., ROVANI, F. F. M., IENSSE, A. C., & WOLLMANN, C. A. Caracterização da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, RS. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 28, p. 112-133, 2014. DOI: 10.11606/rdg.v28i0.520

SORÍ, R.; MARENGO, J.; NIETO, R.; DRUMOND, A.; GIMENO, L. Drought and wet episodes in Amazonia: the role of atmospheric moisture transport. in Proceedings of the First International Electronic Conference on the Hydrological Cycle, p. 4846. 2017. DOI: 10.3390/CHyCle-2017-04846

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. M.; CORREA, A. C. B. Caracterização e espacialização da precipitação em bacia hidrográfica com relevo complexo: sertão central pernambucano – Bacia do Riacho do Saco, **Revista de Geografia (UFPE)** V. 32, No. 2, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2ª ed.; 2 reimpr. - Porto Alegre: Editora da Universidade, 2001.

VALE JÚNIOR, J. F. do; SOUZA, M. I. L. de; NASCIMENTO, P. P. R. R.; CRUZ, D. L. de S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agroambiente**, 5:158-165, 2011. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v5i2.562

VASCONCELOS, G. N.; DINIZ, R. R. S. Investigação da Influência do El Niño e da La Niña Sobre a Variabilidade da Precipitação na Cidade de Patos, Paraíba. **Revista**

Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 01, p. 336-349, 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v13.1.p336-349



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0

