



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA –
CITA



DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO ACRE

ANTONIA FABIANA BARROS DE LIMA

RIO BRANCO, AC
Fevereiro / 2022

ANTONIA FABIANA BARROS DE LIMA

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS ANOMALIAS
DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO ACRE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências e Inovação Tecnológica**.

Orientador: Prof. Dr. Josimar Batista Ferreira

Co-orientador: Prof. Dr. José Genivaldo do Vale Moreira

RIO BRANCO, AC
Fevereiro / 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, INOVAÇÃO E
TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA – CITA

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS ANOMALIAS DE
PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO ACRE

ANTONIA FABIANA BARROS DE LIMA

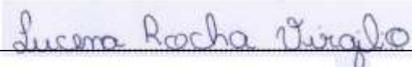
DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 25/02/2022



Prof. Dr. Josimar Batista Ferreira
UFAC



Prof. Dr. Rodrigo Otávio Peréa Serrano
UFAC



Profa. Dra. Lucena Rocha Virgilio
UFAC

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

L732d Lima, Antonia Fabiana Barros de, 1993 -
Distribuição espaço-temporal das anomalias de precipitação-pluviométrica no
Acre / Antonia Fabiana Barros de Lima; Orientador: Dr. Josimar Batista Ferreira
e Coorientador: Dr. José Genivaldo do Vale Moreira. -2022.
47 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-
Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, Rio Branco,
2022.

Inclui referências bibliográficas.

1. Pluviometria. 2. Índice de anomalia de chuva. 3. Variabilidade climática. I.
Ferreira, Josimar Batista (Orientador). II. Moreira, José Genivaldo do Vale
(Coorientador). III. Título.

CDD: 509

Aos meus pais, **Francisco e Maria de Jesus**, por sempre acreditarem em mim e por terem abdicado de suas vidas em prol das realizações de seus filhos.

À minha querida filha **Mariah** e ao meu amado esposo **Luan**, por todo amor, incentivo, apoio e compreensão. Nada disso teria sentido se vocês não estivessem em minha vida.

À todos os meus **amigos e familiares**, por toda força e palavra de apoio dada nos momentos difícil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela dádiva da vida e por permitir concluir este trabalho.

Agradeço ao meu querido esposo Luan e nossa filha Mariah por todo companheirismo e afeto.

Agradeço aos meus pais Francisco Campos e Maria de Jesus, pelo exemplo de dignidade, caráter e por sempre me incentivarem ao estudo.

Agradeço aos meus irmãos (Cristiane, Cristiete, Jeferson, Camila, Weverton e Ulisses) e a todos os meus familiares presentes, pelo apoio dedicado, e aos ausentes, que estariam elizes pela minha conquista.

Agradeço ao Prof. Dr. Josimar Batista Ferreira (orientador) e Prof. Dr. José Genivaldo do Vale Moreira (Co-orientador), pela orientação, ensinamentos transmitidos e incentivos na carreira de pesquisa.

Agradeço a Universidade Federal do Acre pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações, para cursar o mestrado, com o apoio da CAPES e do CNPq pela concessão da bolsa, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço aos amigos Adevânia da Silva Souza Amin, Dhome Rebouças de Araújo, Gleison Rafael Queiroz Mendonça, Jeferson Rodrigues da Silva e Natália Silva Andrade, por toda ajuda e companheirismo no decorrer desse trajeto.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia para a Amazônia, por todo ensinamento transmitido.

Agradeço a todos os colegas do curso de Mestrado em Ciência e Inovação e Tecnologia para a Amazônia, que compartilharam comigo a busca por um ideal.

A todos (as) aqueles (as) que colaboraram em algum momento da minha trajetória educacional.

A vida sem ciência é uma espécie de morte.

A ciência conhece um único comando:
contribuir com a ciência.

(Sócrates, Bertolt Brecht).

RESUMO

O estudo das modificações na precipitação pluviométrica em amplitude espaço-temporal é essencial para compreensão da variabilidade das chuvas e entendimento acerca dos eventos extremos de baixa e alta precipitação local que podem trazer danos tanto ambientais como sociais. Desta forma, o objetivo do trabalho foi estudar a variação da pluviosidade nas mesorregiões do Acre no período de 1970-2019, utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para identificar os períodos de maior ou menor severidade dos eventos de seca e chuva. Os dados utilizados foram da precipitação pluviométrica da série histórica de 1970 a 2019, anotados para a mesorregião do Vale do Acre e do Juruá das estações meteorológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Na análise, foram utilizadas estatística descritiva para os dados mensais e o cálculo do IAC utilizando as médias anuais de precipitação para a identificação dos anos secos e úmidos das mesorregiões. Entretanto, verificou-se que o Vale do Acre apresentou um período de estiagem severa (maio a setembro), enquanto que no Juruá a estiagem ocorreu em apenas três meses (junho a agosto). A partir do IAC, observou-se que, para a mesorregião Vale do Acre, houve predominância de anos secos, no período de 1970 a 1990, enquanto na mesorregião Vale do Juruá os anos chuvosos foram registrados em maior frequência. Portanto, o Vale do Juruá apresentou período chuvoso prolongado e baixa quantidade de anos secos enquanto que o Vale do Acre apresentou menor período chuvoso e maior severidade dos eventos de anos secos. Concluiu-se que o Índice de Anomalia de Chuva funcionou como uma ferramenta para o monitoramento da severidade dos eventos de chuvas e seca nas mesorregiões do estado do Acre no período de 1970-2019.

Palavras-chave: Pluviometria. Índice de anomalia de chuva. Variabilidade climática. Amazônia Ocidental.

ABSTRACT

The study of changes in rainfall in space-time amplitude is essential for understanding the variability of rainfall and understanding the extreme events of low and high local precipitation that can cause both environmental and social damage. In this way, the objective of the work was to study the variation of rainfall in the mesoregions of Acre in the period 1970-2019, using the Rain Anomaly Index (IAC) to identify periods of greater or lesser severity of drought and rain events. The data used in this work were the rainfall of the historical series from 1970 to 2019, recorded for the Vale do Acre and Juruá mesoregions of the meteorological stations operated by the National Institute of Meteorology. In the analysis, descriptive statistical techniques were used for the monthly data and the calculation of the IAC using the annual averages of precipitation to identify the dry and wet years of the mesoregions. However, it was found that the Acre Valley presented a period of severe drought (May to September), while in Juruá the drought occurred in only three months (June to August). From the IAC, it was observed that, for the Vale do Acre mesoregion, there was a predominance of dry years, from 1970 to 1990, while in the Vale do Juruá mesoregion the rainy years were recorded more frequently. Therefore, the Vale do Juruá presented a prolonged rainy period and a low number of dry years, while the Vale do Acre presented a shorter rainy period and greater severity of dry years events. Therefore, it was concluded that the Rainfall Anomaly Index worked as a tool for monitoring the severity of rainfall and drought events in the mesoregions of the state of Acre in the period 1970-2019.

Key-words: Pluviometry. Rain anomaly index. climate variability. Western Amazon.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localização das mesorregiões do Estado do Acre.....	24
Figura 2. Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da normal climatológica de 1970 a 2019, do município de Cruzeiro do Sul, mesorregião do Vale do Juruá, Acre.....	33
Figura 3. Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da normal climatológica de 1970 a 2019, do município de Tarauacá, mesorregião do Vale do Juruá, Acre.....	34
Figura 4. Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da normal climatológica de 1970 a 2019, do município de Rio Branco, mesorregião do Vale do Acre.....	35

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Classificação do índice de anomalia de chuva (IAC), para detecção de anos secos e úmidos para a mesorregião do Vale do Acre e do Juruá.....	26
Tabela 2. Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométricas mensais registradas no município de Cruzeiro do Sul (estação n°: 82704), na mesorregião Vale do Juruá na série histórica de 1970 a 2019.....	27
Tabela 3. Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométricas mensais registradas no município de Tarauacá (estação n°: 82807), na mesorregião do Vale do Juruá na série histórica de 1970 a 2019.....	28
Tabela 4. Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométricas mensais registradas na mesorregião do Vale do Acre na série histórica de 1970 a 2019.....	30

LISTA DE EQUAÇÕES

	Pág.
Equação 1. Cálculo do índice de anomalia positivo.....	25
Equação 2. Cálculo do índice de anomalia negativo.....	25

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NA PRECIPITAÇÃO.....	15
2.2 EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS E A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	18
2.3 VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	19
2.4 ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.2 CÁLCULO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC).....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5. CONCLUSÕES.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

Evidências científicas de que a mudança global prevê um cenário de aumento nos eventos climáticos extremos acrescentou à análise espacial e temporal da precipitação pluviométrica uma importância ainda maior, devido à necessidade de compreender a grande variabilidade de chuva tanto em escala global quanto regional (GAUGHAN et al., 2016).

A precipitação pluviométrica é uma das variáveis de natureza hidrometeorológica com maior importância para a sociedade, uma vez que ela dispara outros processos como inundações, enxurradas, enchentes etc. Adicionalmente, essa importante variável hidrológica pode influenciar sobremaneira a sociedade, desde as condições econômica e social da população e de suas atividades como geração de energia, atividades agrícolas, industriais etc., além, é claro, de potencializar a materialização de danos associados a eventos extremos (SILVA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2021).

Em estudo realizado conduzido por Hoffmann et al. (2018), destaca-se que é de grande importância identificar a variabilidade espaço-temporal das chuvas e caracterizar seus padrões de ocorrência. Sendo que as suas variações de forma descontrolada podem ocasionar danos socioeconômicos e ambientais significativos, além de influenciar variações associadas às mudanças climáticas (MOREIRA; NAGHETTINI, 2016).

Neste sentido, a identificação precoce de fenômenos de alta ou baixa concentração de chuvas é importante para a tomada de decisões no que diz respeito ao planejamento da conservação dos ecossistemas, bem como possibilitar o desenvolvimento econômico de uma região a partir do aproveitamento racional de tais recursos. Além disso, Noronha et al. (2016) destacam que a realização de estudos sobre a variabilidade pluviométrica e outras variáveis, a partir de instrumentos metodológicos capazes de identificar tendências e/ou anomalias, apresentam-se entre os meios de atenuação dos impactos a eventos extremos.

Por sua vez, Alves et al. (2016) ressaltam que, dentre tantas, uma das formas de estudar o comportamento da precipitação pluviométrica é por meio do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), uma vez que auxilia no monitoramento de período de chuva excessiva, bem como de aridez acentuada. Esse índice permite averiguar os impactos de diversos fatores sobre a distribuição pluviométrica de uma região.

Desenvolvido por Rooy (1965), o *Rainfall Anomaly Index* (RAI), ou Índice de Anomalia de Chuva (IAC), é utilizado para classificar as severidades positivas e negativas nas anomalias de precipitações pluviométricas. O estudo e monitoramento desse índice, permite analisar a climatologia e ajuda a monitorar anos de seca e chuva excessiva, verificando como a variabilidade climática influencia na precipitação local e como se dá a variabilidade espaço-temporal das chuvas na região. Assim, é possível conhecer a severidade desses fenômenos e conseqüentemente seus impactos (SANCHES et al., 2014).

O IAC tem sido utilizado com muita eficiência neste sentido, pois além de fácil aplicabilidade, requerendo apenas dados pluviométricos, é também bastante preciso se comparado a outros índices (COSTA; SILVA 2017). Contudo, é a partir de uma série de dados históricos com as categorias atuais de chuva que o índice permite realizar comparações do regime pluviométrico, utilizando assim a caracterização da variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica na região de estudo (ALVES et al., 2016).

Utilizando o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC), o estudo conduzido por Araújo et al. (2009) analisou como a variabilidade climática influencia a precipitação pluviométrica local e como se dá a variabilidade espaço-temporal das chuvas na região da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (PB), podendo inferir sobre os períodos de cheia e seca na região. Por outro lado, Costa e Silva (2017) também utilizaram o IAC e identificaram o comportamento histórico das chuvas no estado do Ceará, visualizando o ponto de inflexão e modificações no padrão de precipitação regional, distinguindo os anos úmidos e os períodos secos no estado.

Desta forma, o presente trabalho se voltou a estudar a variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica das mesorregiões do estado do Acre, utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) como ferramenta principal, focando-se em identificar os períodos de maior ou menor severidade de tais eventos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A precipitação apresenta grande influência nas condições ambientais, assim como nas diferentes atividades antrópicas, pois é o componente de entrada no balanço hídrico de uma região. Ela desencadeia processos que influenciam no desenvolvimento econômico e social (PASSOS et al., 2017; MIGUEZ et al., 2018; SANTOS et al., 2019). A chuva é o resultado de diversos fatores e condições atmosféricas, porém dependendo da gravidade do fenômeno natural, esta pode causar danos de forma direta e indireta, tanto em escala regional quanto global. Desse modo, para a correta tomada de decisões, o estudo espaço-temporal da distribuição das chuvas é imprescindível ao conhecimento sobre o fenômeno em uma determinada região.

2.1 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NA PRECIPITAÇÃO

Os processos físicos interagem com fenômenos atmosféricos, e estes podem ocasionar a precipitação pluvial. O ciclo anual da precipitação na América do Sul tropical, o que inclui o estado do Acre, apresenta características marcadas por uma estação seca e outra úmida (SILVA; KOUSKY, 2012; SILVA; REBOITA, 2013; REBOITA et al., 2015). Nessa região, grande parte da precipitação pluviométrica é ocasionada pela intensa atividade convectiva sobre o continente.

A variabilidade espaço-temporal da estação chuvosa na Amazônia é influenciada pelos padrões oceano-atmosfera, associados ao ciclo do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre o Oceano Pacífico e as fases do gradiente meridional inter-hemisférico de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico Intertropical (NOBRE; SHUKLA, 1996; SOUZA et al., 2000).

Entretanto, por meio de mudanças nos padrões de circulação geral de ar na troposfera associados às células de Walker e de Hadley (SOUZA et al., 2004), ambos os modos climáticos do Pacífico e Atlântico interferem na posição e intensidade das bandas de nebulosidade convectiva da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, portanto, modulam a distribuição de chuva na região.

O aumento da convecção no noroeste da Amazônia avançando para o sudeste é característica típica do sistema de monção da América do Sul (SILVA; KOUSKY, 2012).

A convecção profunda sobre parte da América do Sul ocorre no final de novembro. Nesta fase, a convecção profunda está associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), limitada ao Atlântico Norte Central (ZHOU; LAU, 1998). Posteriormente, entre novembro e fevereiro, localizada sobre o Brasil esta atividade convectiva principal acompanhada com uma banda de nebulosidade e precipitação que vai da Amazônia ao sudeste do Brasil e Atlântico Sul adjacente, na qual recebe o nome de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (VERA et al., 2006). Logo após, começa a fase do declínio da estação chuvosa, ocorrendo o deslocamento da convecção para o equador.

As intensidades e durações dos períodos chuvosos das regiões são variáveis ao longo dos anos, pois verificam anomalias positivas ou negativas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), nas bacias desses oceanos. No entanto, a célula de Hadley e de Walker, que atuam no sentido meridional e sentido zonal, respectivamente, são perturbadas, o que causam fortes anomalias na circulação atmosférica sobre os trópicos, pois são deslocadas de suas posições climatológicas (MOREIRA; NAGHETTINI, 2016; ISHAK et al., 2013).

O ciclo do Sistema de Monção da América do Sul é influenciado pela variabilidade da TSM nos oceanos Atlântico e Pacífico. Conhecido como Dipolo do Atlântico, a ocorrência de eventos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) induz a anomalias de TSM no Atlântico tropical, induzindo a um dipolo de anomalias de temperatura entre o Atlântico tropical Norte e Sul (RODRIGUES et al., 2011). Este fenômeno é um dos fatores responsáveis pelo deslocamento meridional da ZCIT (CHIANG et al., 2002).

Conforme Giannini et al. (2000), nos eventos quentes do ENOS as anomalias positivas de pressão na região da ZCIT levam a diminuição do gradiente meridional de pressão entre a ZCIT e o Anticiclone Subtropical, enfraquecendo os ventos alísios. Essa atenuação induz a anomalias positivas de TSM no Atlântico Norte tropical e à configuração do Dipolo do Atlântico. Entretanto, quando as anomalias de TSM no Atlântico Sul Tropical e Leste equatorial são negativas, o gradiente meridional de TSM ao longo do equador é positivo, desfavorecendo o deslocamento para sul da ZCIT do Atlântico, o que resulta em anomalias negativas de precipitação sobre a região Nordeste do Brasil (RODRIGUES et al., 2011).

A ZCIT corresponde à região de confluência dos ventos alísios de sudeste provenientes do Hemisfério Sul com os de nordeste provenientes do Hemisfério Norte e é caracterizada por intensa atividade convectiva. No Brasil, a ZCIT pode atuar através de aglomerados convectivos que se formam ao longo dela e que ao se propagarem para oeste

atingem a bacia Amazônica, bem como através da interação dos alísios com a circulação da brisa marítima formando as linhas de instabilidade (LI) que adentram no continente e se regeneram durante a propagação para oeste, sendo que muitas alcançam os Andes (COHEN et al., 1995).

As Linhas de Instabilidade (LI) originam-se no litoral norte da América do Sul onde os ventos alísios e a brisa marítima se reforçam. A sua organização forçada pelo jato de baixos níveis de leste está associado a perturbações de baixa troposfera no Atlântico. Anualmente ocorrem alguns casos de Linhas de Instabilidade que se iniciam na costa norte e se propagaram para oeste através da Bacia Amazônica (COHEN et al., 1995). Rickenbach (2004), estudando a precipitação na região sudoeste da Amazônia, concluiu que as linhas de instabilidade podem chegar a essa região até dois dias depois de sua origem na costa norte.

As Linhas de Instabilidade que ocorrem na Amazônia são responsáveis pela formação de chuvas na Amazônia Central, onde estas linhas são caracterizadas por possuir grandes conglomerados de nuvens cumulo-nimbus orientados de noroeste para sudeste. Devido a suas dimensões, as linhas de Instabilidade Costeira (LICs), tem movimento horizontal para o interior do continente adentrando aproximadamente 170 km da costa (RICKENBACH, 2004).

Por outro lado, as Linhas de Instabilidade com Propagação (LIPs), com movimento horizontal adentram o continente por distâncias maiores que 170 km. O comprimento e a largura média das LIs são de aproximadamente 1500 km e 170 km, respectivamente, podendo ser observada durante todo o ano (COHEN et al., 1995). Estudos climatológicos observaram que a região da formação destas linhas posiciona-se ao sul da Zona de Convergência Intertropical.

A presença de atividade convectiva, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Alta da Bolívia, os fenômenos como El Niño e La Niña e linhas de instabilidade contribui intensamente para a persistência da precipitação pluviométrica na região amazônica (LOPES, 2013). No entanto, esses eventos variam bastante, e sua intensidade e frequência dependem tanto da taxa de mudança do meio ambiente como das mudanças naturais que determinam a ocorrência dos eventos atmosféricos (MAHUMANE, 2017).

2.2 EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS E A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

O clima de qualquer região é determinado, em grande parte, pela circulação geral de ar da atmosfera. Essa resulta, em última instância, do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes e das características topográficas de cada região (MONTROYA et al., 2018). A posição geográfica, associada a fatores climáticos, geológicos, pedológicos, fitoecológicos, geomorfológicos e hídricos, condiciona uma grande complexidade ambiental. Estes vários ambientes condicionaram características ambientais diferenciadas ao longo do tempo, que por sua vez alteraram as repostas do ambiente quanto as variáveis climáticas (SOUZA et al., 2013).

As mudanças climáticas têm favorecido a manifestação de eventos climáticos extremos com maior frequência (IPCC, 2012). Entretanto, a elevação da temperatura média do planeta pode ocasionar o aumento da evaporação, transportando maior vapor de água para a atmosfera, acelerando o ciclo hidrológico (TRENBERTH et al., 2007). Dessa forma, é favorecido, principalmente, o aumento na magnitude e frequência dos eventos extremos de precipitação (SHOURASENI; ROBERT, 2004).

A variabilidade climática deve ser entendida como um elemento próprio da dinâmica climática terrestre. Assim, está ligada diretamente a combinação das escalas temporal e espacial das características climatológicas. Contudo, a precipitação pluviométrica é um fenômeno que sofre maior variabilidade em sua ocorrência, sendo importante fator no controle do ciclo hidrológico e de maior influência no meio ambiente (ROCHA, 2010).

Em relação as suas características físicas, a chuva é a precipitação de gotas de água com diâmetro igual ou superior a 0,5 mm. Essa precipitação e seu volume é a maior entrada de água no ambiente, e o acompanhamento e sua avaliação devem ser realizados de forma cuidadosa em qualquer estudo (DAVIE, 2008). Destarte, a determinação da intensidade da precipitação no espaço e no tempo é importante para a verificação e controle da escassez e inundação em áreas de interesse regional (CHIERICE; LANDIM, 2014).

Os eventos de precipitação podem ser usuais e extremos. No primeiro caso, são registrados com maior frequência e a absorção da água pelo ambiente adapta-se ao seu ritmo natural, sendo que estes não se distanciam da média. Por outro lado, os eventos extremos de chuva são aqueles em que os valores apresentam desvios de precipitação superiores ou inferiores ao comportamento usual (FARIAS et al., 2012). Os totais

precipitados são constantemente objeto de estudo para investigar os prejuízos socioeconômicos causados pelo excesso ou escassez de chuvas em diversas regiões do mundo (FERREIRA et al., 2017).

Devido as mudanças nas condições climáticas globais e, conseqüentemente, do processo que compõe a precipitação pluviométrica, Zhang et al. (2007) alerta para a tendência de áreas secas ficarem mais secas e áreas chuvosas mais chuvosas. Assim, as variáveis meteorológicas são de suma importância para a sociedade, sendo a precipitação pluviométrica entre as com maior destaque, uma vez que podem influenciar diretamente nas atividades humanas. Sabe-se que seu excesso pode causar enchentes e inúmeros danos enquanto a escassez pode levar a secas severas, ocasionando danos socioeconômicos e ambientais significativos (DINIZ, 2013).

A precipitação é um processo aleatório, do qual o seu total precipitado, sua duração, distribuição temporal e espacial representam suas principais características. Essas características são influenciadas diretamente pela localização geográfica, pelo relevo e pelas demais variáveis meteorológicas (ALVES et al., 2016). A variabilidade, bem como as anomalias destas variáveis climáticas, faz-se de extrema importância em análises voltadas a verificar tais inter-relações, dinâmica, tendência, e impactos produzidos tanto em escala macrorregional quanto em porções menores (SENA et al., 2017).

2.3 VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Os eventos climáticos extremos, também conhecidos como desastre natural, podem ser ocasionados por uma série de fatores, abrangendo condições físicas e sociais. Tais elementos, quando combinados, constituem-se nos chamados fatores de risco de desastres, resultando na interrupção do funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade. Essa paralisação abrupta envolve, simultaneamente, perdas materiais e econômicas, assim como danos ao ambiente e à saúde das populações (NERY; SIQUEIRA, 2020).

A irregularidade nos índices pluviométricos tem como característica a variação interanual na região tropical oscilando entre anos secos e chuvosos, favorecendo a um forte impacto no cotidiano da sociedade. Destarte, os períodos de escassez causam problemas sociais e ambientais, enquanto o excesso também proporciona enchentes e escorregamento de encostas, influenciando diretamente as atividades humanas em vários setores da sociedade (DINIZ, 2013).

De acordo com o Pereira et al. (2017), a estiagem resulta da diminuição das precipitações pluviométricas, do atraso ou da ausência do período chuvoso em um determinado lugar. A seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução das reservas hídricas existentes. Por outro lado, as estiagens quando comparadas às secas, caracterizam-se por sua menor intensidade e por ocorrerem durante períodos menores.

Para Noronha et al. (2016), a seca é a falta de chuva ou o período na qual a ausência dela acarreta problemas sociais. O intervalo de tempo é geralmente da ordem de meses ou de anos nos quais as precipitações observadas são menores que a média climatológica ou quando a disponibilidade hídrica é inferior ao esperado. Segundo Blain e Brunini (2007), a seca que resulta do déficit de precipitação pluvial, chamada de seca meteorológica, ocorre quando o valor de chuva acumulado em um período e em uma área se encontra significativamente abaixo do valor climatologicamente esperado.

O monitoramento do período de seca vem sendo feito a partir de índices nas escalas temporal e espacial. Entretanto, a seca é um fenômeno de comportamento estocástico, pois seus efeitos variam em função da região de estudo, da relação entre o período de ausência de chuva e outros fatores ambientais, hidrológicos e características socioeconômicas locais (MELO, 2016).

Sobre os fenômenos de precipitação, o período chuvoso é compreendido entre a época do ano, abrangendo um ou mais meses, quando ocorre a maior parte da precipitação de uma região (SOUZA et al., 2009). Entretanto, na região amazônica pode ocorrer aumento na frequência de dias secos antes do início do período chuvoso, podendo prolongar a duração da estação seca (ESPINOZA et al., 2018).

De modo geral, as taxas mais altas de evapotranspiração da floresta tropical durante o final da estação seca ajudam a iniciar uma cadeia de processos atmosféricos para iniciar a estação chuvosa (LI; FU, 2004). No entanto, a duração do período chuvoso e a transição entre o período seco e o chuvoso pode apresentar significativa variabilidade interanual, que tem sido associada a mecanismos climáticos de grande escala (YIN et al., 2014).

Dada à importância das chuvas, a necessidade de quantificar e verificar os períodos de excesso e escassez desse evento tornou-se essencial para a tomada de decisões frente às atividades produtivas, econômicas e sociais do mundo contemporâneo (SILVA et al., 2021). Dessa forma, considerando as características de variabilidade presente na ocorrência dos fenômenos de precipitação, instrumentos estatísticos podem permitir de

forma eficiente a verificação da distribuição espaço-temporal das chuvas (MORETO et al., 2018; BORTOLUZZI et al., 2019).

Com relevância demonstrada em vários estudos, a determinação do período úmido e seco em alguma região é importante para avaliar a distribuição de precipitação conseguindo alcançar e determinar de forma sinuosa quais estações para as devidas regiões de estudo (SILVA et al., 2013). Essa caracterização da variabilidade da precipitação, considerando o espaço e o tempo em determinada região de estudo, pode ser obtida pelo Índice de Anomalia de Chuva (IAC), que permite comparar o regime pluviométrico de determinado local por meio de uma série de dados históricos de chuva (ARAÚJO et al., 2007; MARCUZZO et al., 2011).

2.4 ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA

A análise da variabilidade de chuva em diferentes escalas espaciais e temporais é muito importante para a sociedade como um todo, pois a precipitação pluvial é um componente fundamental do sistema climático. Para essas análises é essencial a disponibilidade dos dados climáticos em séries de temporais de longa duração e com uma distribuição espacial que permita analisar simultaneamente os eventos de excesso e escassez de chuva para toda uma região.

O estudo do comportamento da precipitação pluviométrica é fundamental, uma vez que possibilita detectar tendências ou alterações climáticas em variadas escalas, além de compará-las. Desta forma, a análise do monitoramento pluviométrico por meio de informações estatísticas facilita o entendimento da climatologia de uma região (BLAIN; BRUNINI, 2007). Assim, o principal objetivo nestes estudos é a obtenção de informações e a realização de uma análise da variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviométrica.

Referindo-se à região Norte do Brasil, onde o Acre está localizado, compreendendo a região Amazônica, possui peculiaridade das chuvas, sendo condicionada por padrões de circulação atmosférica em escala global (ALMEIDA et al., 2019). Desses, a Zona de Convergência Intertropical, caracterizado por uma faixa de nuvens que circunda a Terra na altura do Equador e varia de acordo com a intensidade da Temperatura Superficial do Mar (TSM), torna-se umas das principais causas de interferência na variação da precipitação regional (RODRIGUES et al, 2011; SILVA; KOUSKY, 2012).

O monitoramento dessas irregularidades na precipitação, através de modelos matemáticos e índices climáticos, são essenciais para desenvolver sistemas de acompanhamento dos períodos secos e chuvosos, complementando informações anuais, sazonais ou mensais, para conhecer a climatologia de uma região e os impactos da precipitação em determinado local (SILVA et al., 2009; ALVES; ARAÚJO, 2015).

Santos et al., (2015) destacam a importância do desenvolvimento e incentivo regional de políticas que buscam reduzir os efeitos adversos nos sistemas hidrológicos. Os autores afirmam que o conhecimento prévio sobre as características climáticas da área em questão por meio de um monitoramento eficaz é essencial.

Diante desse contexto, o IAC, desenvolvido por Rooy (1965), é utilizado para classificar a severidades positivas e negativas em anomalias de chuva. Para Mendonça (2007), embora essa não seja a única forma de classificação do clima, a verificação da precipitação dos totais mensais e anuais possibilita certa individualização dos diversos tipos climáticos.

A caracterização da variação pluviométrica no tempo e no espaço em uma determinada região de estudo, pode ser realizado por meio do cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). A principal função deste índice é considerar valores positivos e negativos nas anomalias pluviométricas, para verificar os anos de seca e chuva excessiva, o que possibilita a realização de comparações do regime pluviométrico com base em uma série de dados históricos de chuva.

O IAC é aplicado para compreender a dinâmica das precipitações e características climáticas locais, classificando as severidades positivas e negativas nas irregularidades das chuvas (SILVA et al., 2020). Assim, a verificação do comportamento das precipitações em torno das normais climatológica alcançadas por meio do IAC, apresenta-se como um índice climático eficiente para avaliar a variabilidade pluviométrica em escala de tempo semanal, mensal ou anual (MANIÇOBA et al., 2017).

Diferentemente de outros índices, o IAC necessita apenas de dados de precipitação e é de fácil estimativa. Segundo Silva et al. (2017), a utilização do cálculo do IAC é simples e prática, o que é passível de realizar o acompanhamento dos períodos secos e úmidos de uma região, podendo ainda averiguar detalhadamente os possíveis impactos da quantidade de precipitação local.

Diversos trabalhos buscam estabelecer o IAC para diferentes regiões do país. Desse modo, avaliando a variabilidade espaço-temporal da precipitação em série histórica de 43 anos (1965 – 2007) em uma microrregião de Pernambuco, Ribeiro e

Maciel (2018) constataram que, a partir do IAC, foi possível verificar tendências de diminuição das chuvas, com mais anos secos que úmidos na região estudada, além de verificar que a variabilidade interanual da precipitação na área é acentuada.

Marcuzzo e Goularte (2012), utilizando séries históricas de 30 anos de dados de precipitação (1977 a 2006), analisaram a variação do IAC referente à precipitação pluvial no estado do Tocantins. Os autores verificaram o IAC mensal, encontrando uma grande variação nos índices interanuais precipitados, totalizando 13 anos úmidos e 17 secos, inferindo que ocorre maior tendência de diminuição das chuvas para o estado.

Sanches et al. (2014) utilizaram o IAC com o objetivo de analisar a variabilidade anual da precipitação, no período de 1928 a 2009, em uma região no Rio Grande do Sul, além de comparar os índices obtidos em eventos El Niño Oscilação Sul (ENSO) e Oscilação Decadal do Pacífico (PDO). Os autores concluíram que o IAC se apresentou como uma ferramenta importante na análise da precipitação do município.

Contudo, é importante o estudo acerca da variabilidade das chuvas utilizando o IAC, para compreender sua dinâmica sobre uma determinada região, pois torna-se essencial para o planejamento agrícola, urbano, rural, ambiental e na gestão dos recursos hídricos locais (GROSS; CASSOL, 2015).

Conhecer a variação no tempo, no espaço e as anomalias na precipitação de uma dada região, tem proporcionado meios de resoluções de problemas na agricultura, na gestão de energia hidroelétrica e para o abastecimento de água em várias regiões do Brasil (ASSIS et al., 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estado do Acre está localizado na Região Norte do Brasil. Possui uma área territorial de 164.123,964 km², incluída na Amazônia Ocidental, com uma altitude média de 200 metros. As bacias hidrográficas do rio Acre, do Purus, do Tarauacá e do rio Juruá estão entre as principais que compõem a rede de drenagem do estado. Porém, o Acre está dividida em duas mesorregiões: Vale do Acre e Vale do Juruá (ACRE, 2017).

A mesorregião Vale do Acre é composta pelos seguintes municípios: Rio Branco, Sena Madureira, Brasiléia, Senador Guiomard, Plácido de Castro, Xapuri, Porto Acre, Etipaciolândia, Acrelândia, Capixaba, Bujari, Manoel Urbano, Assis Brasil e Santa Rosa do Purus. Por outro lado, a mesorregião Vale do Juruá compreende municípios: Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Marechal Thaumaturgo, Porto Walter, Rodrigues Alves, Feijó, Tarauacá e Jordão (ACRE, 2017).

Na classificação Nimer (1989) o tipo climático do estado do Acre é Equatorial Quente, com média diária de temperatura superior a 18°C em todos os meses, e com distribuição de umidade do tipo super-úmido a subseco (Figura 1). O ritmo das massas de ar influencia diretamente na temperatura, umidade e na diversidade climática da região. Os altos índices pluviométricos são outra característica importante do clima acreano, variando entre 1.800 mm e 2.500 mm anuais (AMARAL et al., 2021; SILVA et al., 2021).

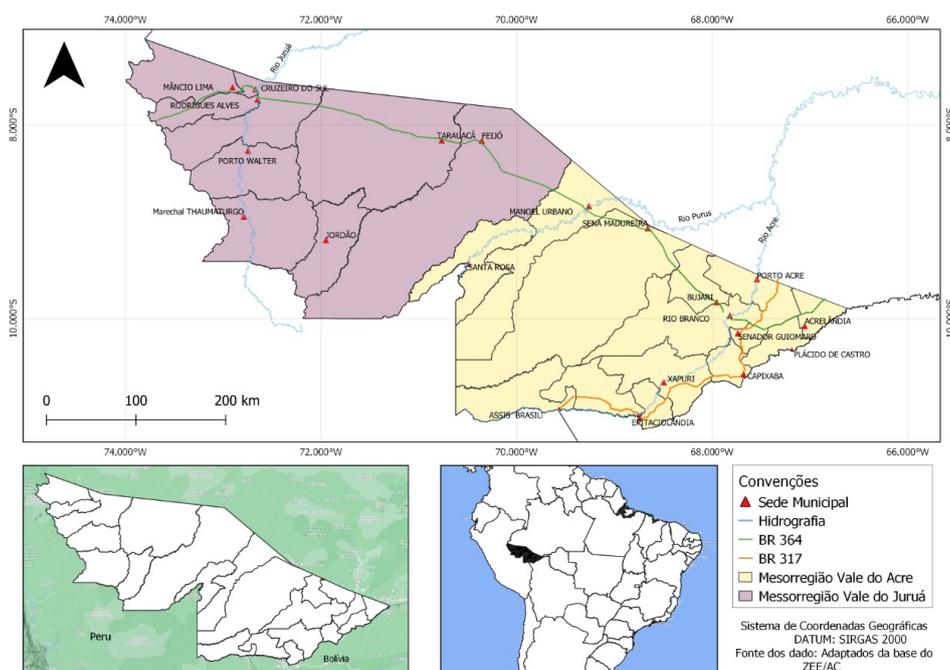


Figura 1. Localização das mesorregiões do Estado do Acre.

Os dados utilizados nesse trabalho foram de precipitação pluviométrica total mensal e anual. Para a mesorregião do Vale do Acre considerou-se os dados gravados na estação meteorológica 82915 (9°57' S 67°47' W, em *datum* WGS84), operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizada na cidade de Rio Branco. Por outro lado, em relação à mesorregião Vale do Juruá, foram utilizados os dados registrados nas estações meteorológicas 82704 e 82807 (7°38' S 72°40' W e 8°9'S 70°45' W, respectivamente, em *datum* WGS84), localizadas nas cidades de Cruzeiro do Sul e Tarauacá, respectivamente. As estações do Vale do Juruá também são operadas pelo INMET.

Os dados de precipitação foram considerados em série histórica de 1970 a 2019. Ocorreram falhas pontuais dos registros nos anos de 1991 e 1992, correspondendo a 4% das informações, cujos valores mensais foram preenchidos pela média aritmética de registros anteriores (OLIVEIRA et al., 2010).

No tocante à análise dos dados, foram utilizadas técnicas de estatística descritiva. De acordo com Silva et al. (2021) a análise de estatística descritiva, com média, valor máximo, valor mínimo e coeficiente de variação, forneceram dados importantes para verificar o comportamento da precipitação pluviométrica de uma determinada região.

3.2 CÁLCULO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC)

Para a determinação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), utilizou-se a metodologia sugerida por Rooy (1965). Conforme descrito por Souza et al. (2020) e por Costa e Silva (2017), a obtenção das anomalias positivas e negativas é dada por:

$$IAC_{\text{positivo}} = 3 * \left[\frac{(N - N_1)}{(M - N_1)} \right] \quad (1)$$

$$IAC_{\text{negativo}} = 3 * \left[\frac{(N - N_1)}{(X - N_1)} \right] \quad (2)$$

Em que:

N = precipitação observada do ano em que será gerado o IAC (mm);

N1 = precipitação média anual da série histórica (mm);

M = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); e,

X = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Para a identificação dos anos secos e úmidos das mesorregiões Vale do Acre e Vale do Juruá, utilizou-se a classificação elaborada por Araújo et al. (2009), como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do índice de anomalia de chuva (IAC), para detecção de anos secos e úmidos para a mesorregião do Vale do Acre e do Juruá.

	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	> 4	Extremamente úmido
	2 a 4	Muito úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito seco
	< -4	Extremamente seco

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da precipitação em longo prazo e sua variação anual tem se tornado um tópico cada vez mais ativo em pesquisa para a gestão eficaz dos recursos hídricos e perigos relacionados ao excesso e escassez de chuva em escala nacional e regional (ZOLINA et al., 2010; SUN et al., 2016; CAMPOS et al., 2015). Assim, diante da alta variação da precipitação pluviométrica para a região de Cruzeiro do Sul (Tabela 2), o coeficiente de variação oscilou entre 32% a 72%, onde é possível identificar que o período de junho a agosto, apresenta-se com pluviosidade média baixo entre 70,26 mm a 88,33 mm. Essas condições configuram, nos referidos meses, o período menos chuvoso para essa região. Por outro lado, seguindo os meses de setembro a maio observou-se a estação de maior intensidade de chuva, com média variando de 122,90 mm a 273,86 mm.

Tabela 2. Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométricas mensais registradas no município de Cruzeiro do Sul (estação 82704), na mesorregião Vale do Juruá na série histórica de 1970 a 2019.

MÊS	MÁXIMA (mm)	MÍNIMA (mm)	MÉDIA (mm)	CV (%)
Janeiro	484,00	75,50	246,17	36
Fevereiro	454,80	61,80	246,18	36
Março	448,50	40,80	273,86	36
Abril	448,70	59,80	216,39	38
Maió	308,00	42,20	148,41	43
Junho	219,20	1,20	88,33	55
Julho	230,90	4,20	70,26	72
Agosto	194,70	10,50	77,28	47
Setembro	340,30	30,20	122,90	55
Outubro	508,70	62,60	196,75	47
Novembro	480,20	54,80	210,17	44
Dezembro	438,10	99,00	240,27	32
ANUAL	2.848,10	1.100,50	2.136,97	18

Nota: CV(%): coeficiente de variação.

Nos estudos de Silva et al. (2021), observou-se que há predominância de duas estações pluviométricas para a cidade de Cruzeiro do Sul, sendo uma chuvosa e uma seca. Ainda, os autores atribuíram a estação de menor índice pluviométrico a característica de um período subseco, estabelecida pela classificação climática de Nimer (1989). Todavia,

Reboita et al. (2010), analisando as precipitações na Amazônia, concluíram que no primeiro semestre do ano os máximos pluviométricos ocorrem nessa região, com precipitação anual superior a 2000 mm. Estes resultados, assemelham-se com os observados neste estudo, pois a precipitação média anual foi de 2.136,97 mm, com a presença de um período chuvoso e outro menos chuvoso.

Para a precipitação pluviométrica mensal registrada no município de Tarauacá, ainda na mesorregião Vale do Juruá, verifica-se, o mesmo comportamento pluviométrico para Cruzeiro do Sul (Tabela 3). Assim, foi possível constatar a presença de uma estação chuvosa (setembro a maio) e uma menos chuvosa (junho a agosto), com precipitação média variando de 110,42 mm a 317,30 mm e de 52,83 mm a 67,01 mm, respectivamente.

Tabela 3. Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométricas mensais registradas no município de Tarauacá (estação 82807), na mesorregião do Vale do Juruá na série histórica de 1970 a 2019.

MÊS	MÁXIMA (mm)	MÍNIMA (mm)	MÉDIA (mm)	CV (%)
Janeiro	607,00	119,10	290,47	33
Fevereiro	459,40	102,50	259,43	30
Março	469,80	116,30	317,30	28
Abril	369,70	26,40	192,80	35
Mai	304,00	27,30	128,33	50
Junho	189,20	0,40	62,34	65
Julho	138,80	2,00	52,83	66
Agosto	172,80	3,00	67,01	64
Setembro	246,20	26,20	110,42	47
Outubro	346,00	49,80	181,38	38
Novembro	509,50	10,00	235,75	43
Dezembro	534,00	69,40	268,06	35
ANUAL	2.973,00	918,30	2.166,12	18

Nota: CV(%): coeficiente de variação.

As máximas pluviométricas mensais na série histórica para o município de Tarauacá chegam até 607,00 mm, ao passo em que as mínimas chegam menos de 1,00 mm mensal. Esses resultados refletem a alta variabilidade pluviométrica presente na região, o que pode ser comprovado pelos altos valores do coeficiente de variação. Da mesma forma, Bezerra et al. (2010) verificaram sazonalidade bem definida para um

município do estado de Rondônia, que é uma região com características semelhantes, inserida igualmente no contexto amazônico. Os autores destacaram a presença de um período chuvoso, oscilando entre 228,9 mm a 329,6 mm, e um período de estiagem, com variação entre 38,7 mm a 107,7 mm na precipitação média mensal.

De forma geral, a precipitação pluviométrica na série histórica avaliada, considerando os valores de ambas as estações meteorológicas, nota-se que a regional Vale do Juruá apresenta dois períodos bem definidos, sendo uma época chuvosa, compreendendo de setembro a maio, com a precipitação média mensal variando de 110,42 mm a 317,30 mm. Por outro lado, há uma estação de estiagem que vai de junho a agosto, em ambas as estações meteorológicas, apresentando variação média de precipitação de 52,83 mm a 88,33 mm. Os resultados vão ao encontro do que é relatado por Moreira et al. (2019), em que se destaca que a região é dividida em dois períodos pluviométricos, sendo um mais seco e um período notadamente chuvoso, com precipitação média anual entorno de 2.000 mm, mas com alta variação pluviométrica.

Pode-se notar, portanto, que o regime pluviométrico do Vale do Juruá não apresenta uma regularidade mensal, pois é observado na série histórica, em ambos os municípios, coeficiente de variação elevado (entre 24% a 56%), demonstrando alta variabilidade pluviométrica da região. Nesta mesorregião, verifica-se que 75% do período anual apresenta maior intensidade de chuvas, ao passo que o período de estiagem se estende ao longo de apenas 25% do período, quando apresenta baixos índices pluviométricos mensais. Esses resultados caracterizam uma região de alta umidade pois apresenta chuvas durante todo o ano (NIMER, 1989).

Tais características são importantes do ponto de vista regional, uma vez que as particularidades pluviométricas são preponderantes ao planejamento de atividades essencialmente favoráveis ao desenvolvimento, bem como ao fortalecimento de estratégias de gestão dos impactos associados à ocorrência de eventos extremos.

Nesta conformidade, são valorosas as manifestações de Silva et al. (2021) acerca da interferência das características climáticas, destacadamente ao regime pluviométrico, sobre as condições socioeconômicas e dos diversos meios de produção. Os autores reforçam que a variabilidade pluviométrica pode, de fato, impactar diretamente as condições econômicas e sociais de diferentes formas, como a atividade agrícola, que impulsiona outros setores em várias regiões do país. A mesorregião Vale do Juruá, objeto do presente estudo, possui potencial para diversas atividades, a exemplo da produção de

mandioca, com evidente potencial e condicionante do regime pluviométrico (SILVA et al., 2021; BRITTO et al., 2008).

Para as características climáticas da mesorregião do Vale do Acre (Tabela 4), nota-se uma estação seca bem acentuada entre os meses de maio a setembro com precipitação média variando entre 35,02 mm a 94,54 mm, havendo meses ao longo da série histórica em que não houve registro de precipitação. Entretanto, a partir do mês de outubro até abril observa-se uma estação chuvosa com precipitação média variando de 152,55 a 287,93 mm, alcançando máximas de até 512,20 mm mensal.

Tabela 4. Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométricas mensais registradas na mesorregião do Vale do Acre (estação 82915) na série histórica de 1970 a 2019.

MÊS	MÁXIMA (mm)	MÍNIMA (mm)	MÉDIA (mm)	CV (%)
Janeiro	512,20	48,80	277,44	37
Fevereiro	467,70	113,30	287,93	28
Março	475,20	86,30	259,46	36
Abril	441,00	44,20	193,15	43
Mai	233,80	19,00	94,54	52
Junho	182,00	1,00	38,65	92
Julho	153,60	0,00	35,02	100
Agosto	132,00	0,00	51,53	70
Setembro	221,30	3,00	84,33	60
Outubro	312,60	36,20	152,55	41
Novembro	378,80	104,20	212,82	32
Dezembro	425,00	77,10	251,99	31
ANUAL	2.793,80	933,20	1.939,89	18

Nota: CV(%): coeficiente de variação.

No Vale do Acre, observa-se que 41,5% do período anual apresenta baixos índices pluviométricos mensais, apesar de que 58,5% desse período encontra-se índice de precipitação pluviométrica elevado. Contrariando ao observado na mesorregião do Vale do Juruá, o período de estiagem do Vale do Acre apresenta-se com alto grau de severidade, pois na série histórica, com 50 anos analisados, observa-se meses que não apresentaram a incidência de precipitação pluviométrica. Entretanto, Ferreira et al. (2017) observaram longos períodos com baixo índice de precipitação pluviométrica, onde as chuvas são concentradas em poucos dias, sendo uma característica marcante de uma região de clima semiárido.

De acordo com Coutinho et al. (2018), a precipitação na Bacia Amazônica possui uma variabilidade sazonal bem marcante, com duas estações distintas e bem definidas, sendo um período de altas precipitações que vai de novembro a abril (estação chuvosa) e um mais seco compreendendo os meses de maio a outubro (estação seca). De acordo com os mesmos autores, o regime pluviométrico não apresenta regularidade, pois o período chuvoso comporta aproximadamente 69% de toda a precipitação e no período seco esse volume de precipitação cai para em torno de 31%. Estes resultados concordam com os estudos de Satyamurty et al. (2013), pois a estação chuvosa (novembro a abril) comporta 70% da precipitação total anual e a estação seca (maio a outubro), comporta somente os 30% restantes.

Neste estudo foi possível definir o período de maior e menor precipitação pluviométrica tanto para a mesorregião do Vale do Juruá quanto para do Acre. Em conformidade, Mossini Junior et al. (2016) avaliando a distribuição de precipitação em determinada região do estado do Mato Grosso, também conseguiram verificar duas estações pluviométricas bem definidas, sendo elas o período de seca e o chuvoso. Contudo, a verificação do período de maior e menor precipitação pluviométrica em determinada região torna-se importante do ponto de vista estratégico, pois busca delimitar o período mais e menos chuvoso para a adoção de medidas visando a prevenção de possível eventos extremos que possa acontecer em determinada região (ALMEIDA et al., 2019).

A pluviosidade é um fenômeno que demonstra enorme variação no tempo e no espaço, porém é influenciada pela localização geográfica, relevo e variáveis climáticas que incidem sobre a região (LOPES, 2013). Por isso, seu estudo é importante sobretudo para serem voltados à tomada de decisão no planejamento agrícola e na gestão de riscos em eventos extremos que afetam a agricultura de dada região (ALVES et al., 2016). De certo modo, as avaliações do regime pluviométrico revelam a importância de estudos em escala regional frente ao planejamento de atividades influenciadas pelas chuvas, haja vista as particularidades de cada cultura e região (SILVA et al., 2021).

A precipitação é um componente primário do ciclo da água, e sua variabilidade está intimamente associada à seca e inundações, que podem influenciar profundamente o abastecimento de água, a agricultura, os ecossistemas e a gestão dos recursos hídricos (Wang et al., 2020). As variações da precipitação em período seco e chuvoso, são um dos fatores contribuintes para a manutenção equilibrada dos processos químicos, físicos e biológicos de um determinado meio (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013). Ressalva-

se que menor incidência de precipitação pluviométrica tem maior potencial de impactos sobre a disponibilidade hídrica. Quanto aos elevados índices de precipitações, estes eventos pluviométricos podem ser enquadrados como extremos climáticos, que dependendo da estrutura da cidade ou região, tem alto potencial de destruição devido aos alagamentos e deslizamentos de terras (FERREIRA et al., 2017).

Com o início da estação chuvosa proporciona-se, em áreas urbanas eventos de enchentes devidos aos transbordamentos dos rios e córregos, pois sofrem processo de modificações estruturais, facilitando a impermeabilização e escoamento superficial, e não suportam a quantidade elevada de água precipitada (TENÓRIO et al., 2017). Por outro lado, o início da estação chuvosa em áreas rurais proporciona um maior umedecimento do solo, onde a ocorrência de chuvas com intensidade superior a taxa de infiltração do solo, pode proporcionar o acúmulo de água no solo que, eventualmente será escoada sobre a superfície. Logo, o escoamento superficial pode causar prejuízos como erosão hídrica, assoreamento dos rios e contribuir para o aumento da vazão, dando origem às enchentes (LORENZON et al., 2015).

De acordo com Santos et al. (2018), a caracterização do regime pluviométrico pode ser preponderante ao planejamento regional, fato pelo qual nossos resultados são de grande valia. Entretanto, as variações observadas no regime pluviométrico de uma determinada região podem estar relacionadas tanto a causas naturais quanto antrópicas, incluídos os padrões de circulação atmosférica que prevalecem na região amazônica, além da influência de perturbações causadas por ações direta do homem na natureza tanto em escala regional quanto global (FERREIRA et al., 2017).

Vale ressaltar que, dentro do contexto das mudanças climáticas, o aumento no índice de precipitação e sua diminuição tende a se tornar mais frequentes. Esse aquecimento adicional contribui para ampliar a capacidade de retenção de vapor de água por parte da atmosfera, conseqüentemente alonga os períodos secos e favorece a ocorrência de chuvas torrenciais, uma vez que há maior quantidade de água armazenada na forma de vapor (IPCC, 2013). Por outro lado, não se pode restringir que as variações observadas na precipitação resultem do aquecimento global, visto que existem outras variáveis atmosféricas que podem produzir este tipo de resultado (OLIVEIRA et al. 2021).

Particularmente, a precipitação é a variável climática chave que afeta os padrões espaço-temporal dos recursos hídricos. Assim, analisar as tendências e a variabilidade da precipitação em longo prazo é muito importante para a gestão sustentável dos recursos

hídricos (GIRMA et al., 2016). A passo que, o estudo das tendências de precipitação tem grande utilidade para os pesquisadores na descrição da variabilidade espacial e temporal e gestão de recursos hídricos limitados para desenvolvimento futuro (WAGESHO et al., 2012; YANG et al., 2017). Do mesmo modo, a análise de tendências de precipitação é essencial para estudar os impactos das mudanças climáticas para o planejamento e gestão de recursos hídricos (XU et al., 2018). Desta forma, estudos realizados até agora sugeriram que as mudanças de precipitação mostram um padrão muito diverso nas tendências espaço-temporal em escalas regionais (LIAO et al., 2015; LAPPAS et al., 2013).

A análise dos dados da série histórica de 50 anos (1970 a 2019), para a estação pluviométrica (nº: 82704) de Cruzeiro do Sul, localizada na mesorregião do Vale do Juruá, observou-se que o Índice de Anomalia de Chuva variou entre +4,32 a -6,31 (Figura 2). Geralmente, os dados de precipitação em série histórica podem ser utilizados para verificação espaço-temporal das anomalias de chuvas, identificando períodos de baixa e alta intensidade de chuva por meio do cálculo do índice de anomalia de chuva (OLIVEIRA et al., 2020).

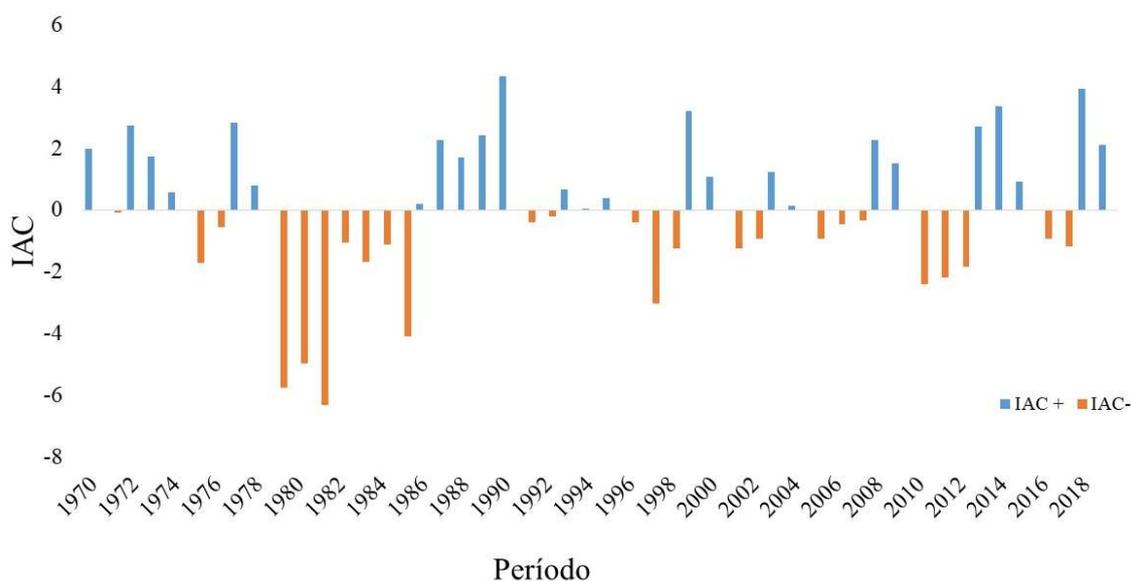


Figura 2. Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da normal climatológica de 1970 a 2019, do município de Cruzeiro do Sul, mesorregião do Vale do Juruá, Acre.

Na avaliação do IAC, observou-se a presença de anomalias positivas e negativas (Figura 1), onde 2% dos anos foram considerados extremamente úmidos ($IAC > 4$). Por sua vez, classificados como muito úmidos ($2 < IAC < 4$) são 20% dos anos e entre $0 <$

IAC < 2 , ou seja, anos úmidos, são 28%. Em contrapartida, 8% dos anos foram considerados extremamente seco (< -4). Ao passo que os anos classificados pelo IAC como muito secos ($-4 < \text{IAC} < -2$) foram 6% e os IAC secos ($-2 < \text{IAC} < 0$) são 36% dos anos.

Com os resultados do IAC, valores negativos revelam uma baixa incidência de precipitação mensal durante o ano, no qual favorece a extremos de seca para o período avaliado (SILVA et al., 2017). Dessa forma, na série histórica, os anos classificados entre secos e extremamente secos apresentaram maior frequência, com destaque para o período seguido de 1979 a 1985, revelando baixa incidência de chuva no período de 7 anos. Segundo Nimer (1989), esta região apresenta certa uniformidade climática no que diz respeito aos mecanismos atmosféricos, porém o ritmo das massas de ar influencia diretamente na diversidade pluviométrica da região.

Na série histórica de precipitação de 1970 a 2019 da estação 82807, na mesorregião do Vale do Juruá, verificou-se que a ocorrência de anos com anomalias positivas (28 anos) foi ligeiramente maior do que as negativas (22 anos). No entanto, os anos de muita chuva, classificados em extremamente úmidos foram de 4%, os muito úmidos de 18% e úmidos de 36%, por outro lado, os anos de seca classificados em extremamente seco foram de 6%, muito seco de 8% e seco em 30% dos anos (Figura 3).

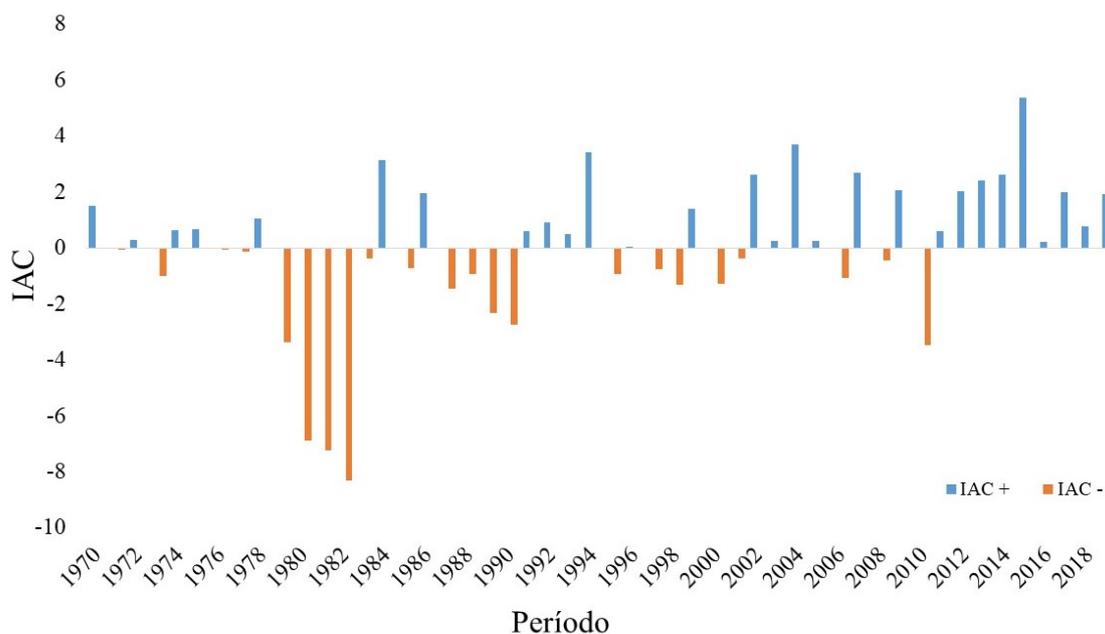


Figura 3. Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da normal climatológica de 1970 a 2019, do município de Tarauacá, mesorregião do Vale do Juruá, Acre.

Para a estação meteorológica de Tarauacá, com o auxílio da análise do IAC foi extraída a informação da variabilidade pluviométrica temporal para a mesorregião do Vale do Juruá (Figura 3). O método revelou tendência de maior ocorrência de anos secos até 1984 em relação aos anos úmidos. Por outro lado, de 1985 ao longo do período avaliado os valores relativos às anomalias apresentaram-se em sua maioria positivos, demonstrando maior frequência de anos úmidos. Segundo Ferreira et al. (2017) o IAC ajuda a monitorar anos de seca e chuva excessiva, permitindo averiguar os impactos que o clima global pode causar sobre a distribuição pluviométrica do local.

Os valores calculados para o IAC variaram de +5,70 a -6,72, com base nos dados de precipitação pluviométrica da estação meteorológica 82915 do Vale do Acre. Na série histórica de 1970 a 2019, os valores do índice revelaram 25 anos com chuva e 25 anos secos, onde 4% dos anos foram considerados extremamente úmidos, 14% muito úmidos e 32% dos anos concentraram-se em úmidos, porém 6% dos anos foram classificados em extremamente secos, 6% foram muito seco e 38% foram apenas secos (Figura 4).

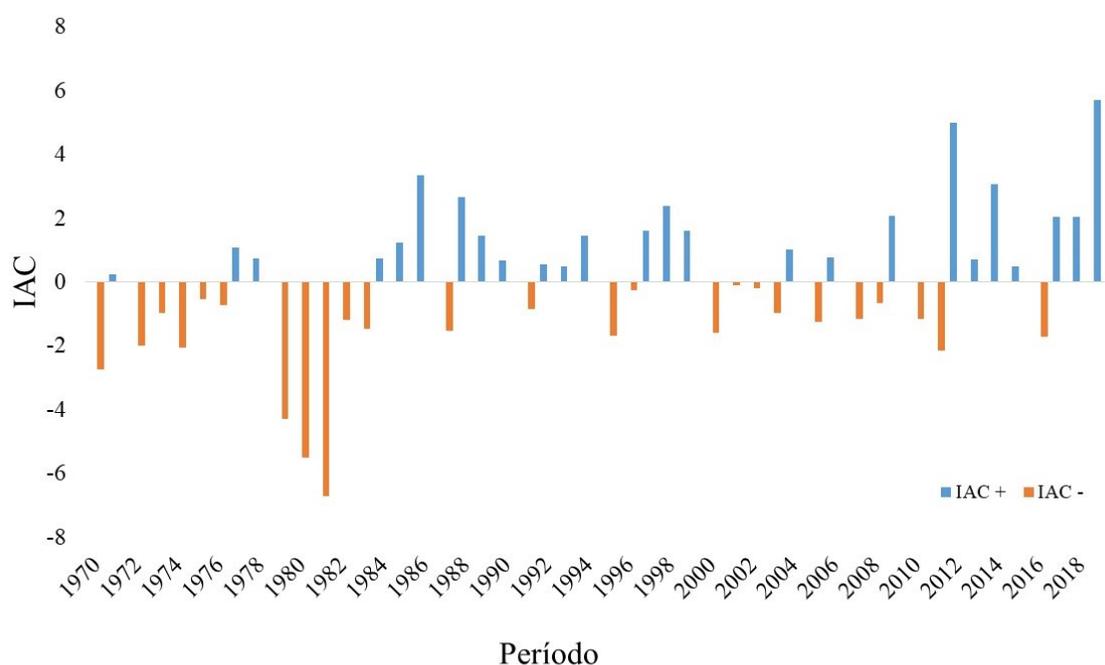


Figura 4. Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da normal climatológica de 1970 a 2019, do município de Rio Branco, mesorregião do Vale do Acre.

O índice de Anomalia de Chuva (IAC) da mesorregião do vale do Acre tem algumas peculiaridades no decorrer do tempo, pois até o ano de 1983 os valores negativos

eram em maior frequência. No entanto, do ano de 1984 até 2019 observa-se uma variação climática na região com modificação no padrão da precipitação local, onde houve uma maior frequência dos anos mais úmidos, porém apresentando alternância com anos secos.

De maneira geral o índice de anomalia de chuva no estado do Acre, objeto principal deste estudo, revelou variação espaço-temporal de extremos de precipitação pluviométrica e de eventos de seca distribuídos em suas mesorregiões em série histórica de 50 anos. No período compreendido do ano de 1970 a 1990 os anos seco predominou sobre o de chuvas na mesorregião do Vale do Acre, porém para a região do Juruá há variação entre períodos secos e anos chuvosos, sendo este último em maior intensidade. A alternância entre valores positivos e negativos do IAC ocorrem em função das influencias exercidas por fenômenos atmosféricos que afetam a precipitação pluviométrica a nível regional (FERREIRA et al., 2017).

Na Amazônia brasileira, região onde localiza-se a área de estudo, dentre os fenômenos climáticos que ocasionam mudanças significativas no regime das chuvas está as flutuações interanuais na oscilação sul e a pressão atmosférica ao nível do mar no oceano Pacífico. Possivelmente, esses eventos causam alterações no regime de ventos alísios que se movimentam na zona de convergência intertropical, no qual influencia de maneira positiva ou negativa nos padrões pluviométricos da Amazônia (LOPES, 2013).

Dentre os fenômenos atmosféricos, o El Niño – Oscilação Sul (ENOS) apresenta influência direta na variabilidade da chuva na região amazônica, concorrendo para períodos com anomalias negativas de precipitação durante eventos El Niño e anomalias positivas de precipitação durante eventos La Niña (LIMBERGER; SILVA, 2016). Desta forma, Silva et al. (2017) utilizando o IAC conseguiram identificar anomalias no regime pluviométrico entre os anos de 1975 a 2016, em escala regional. Os autores observaram relação direta dos eventos anormais de secas aos episódios de El Niño, enquanto que os anos úmidos foram associados a La Niña.

Estudos realizado na região norte do Brasil (SOUZA et al., 2015), apontaram que em 1982 e 1983 sucedeu o primeiro evento El Niño, no qual ocasionou redução de 20% na precipitação, com eventos de secas severas. Este comportamento foi observado em nossos resultados onde entre os anos de 1983 e 1984 foram identificados anomalia negativa para precipitação nas duas mesorregiões do estado do Acre. Ainda na região amazônica, Souza et al. (2017) verificou que a estiagem na região foi agravada por eventos de El Niño, especificamente no ano de 2015, onde as chuvas ficaram até 50% abaixo da média, mostrando potencial para consequências socioambientais como as secas

severas, redução de reservas hídricas, incêndios florestais, inundações; e econômicas, como a elevação da tarifa de energia elétrica.

Para os períodos de predominância de La Niña na região Norte há ocorrência de anomalias positivas de precipitação, com chuvas acima da média (MOREIRA et al., 2018). Na Amazônia brasileira em sua região Ocidental, Pereira e Szlafsztein (2015) evidenciaram que nos anos de 1973, 1978, 1982, 1985, 1986, 1993, 2009 e 2012 apresentaram fenômeno de La Niña de grande intensidade, no qual houve registro de anomalias positivas na precipitação ocasionando inundações dos rios da região.

As anomalias atmosféricas proporcionadas pelo ENSOS (El Niño e La Niña) modificam a frequência, a intensidade e a distribuição espacial das chuvas, afetando diretamente as atividades rurais e urbanas (OLIVEIRA et al., 2016). Eventos extremos de chuva alteram significativamente o ritmo de vida da população amazônica registrando prejuízos nas atividades agrícolas, no escoamento da produção, enquanto que na área urbana verificam-se danos na infraestrutura, tais como em redes de água, esgoto e em vias de acesso (LIMBERGER; SILVA, 2016). Por outro lado, em caso de seca verifica-se que os lagos secam ou ficam com pouca água, afetando a navegação, a produção de hidroeletricidade, a expansão de incêndios, que afetam a biodiversidade e a produção de poluentes para a atmosfera (COELHO et al., 2012).

A previsão e o monitoramento dos eventos de extremos pluviométricos positivos e negativos apresentam importância para a idealização de projetos de desenvolvimento rural e urbano. De certa forma, com o monitoramento dos períodos úmidos e secos é possível obter informações, tanto no tempo quanto no espaço, de características como intensidade e severidade de chuva, auxiliando assim, tomadas de medidas preventivas para serem realizadas no curto período de tempo, tentando assim, minimizar impactos causados pelo fenômeno severo de seca ou de cheias (SANTOS et al., 2011).

Os eventos de precipitação de anos secos e úmidos no estado do Acre variaram tanto no tempo quanto no espaço, e sua intensidade e frequência dependem tanto da taxa de mudança do meio ambiente como das mudanças naturais que determinam a ocorrência dos eventos atmosféricos. Assim, o Índice de Anomalia de chuva possibilitou a descrição espaço-temporal da precipitação pluviométrica no período de 50 anos, no qual foi possível identificar os anos que apresentaram eventos extremos de alta e baixa precipitação para cada mesorregião do estado do Acre.

5. CONCLUSÕES

A precipitação varia tanto em escala de tempo como entre as mesorregiões no estado do Acre, na qual o Vale do Acre apresentou a estação chuvosa de outubro a abril, e período de estiagem de maio a setembro. Por outro lado, o Vale do Juruá apresentou a maior frequência de meses chuvosos (setembro a abril) e menor período de estiagem (junho, julho e agosto).

Os resultados obtidos neste estudo revelaram que o Índice de Anomalia de Chuva funcionou como uma ferramenta para o monitoramento da severidade dos eventos de chuvas e seca nas mesorregiões do estado do Acre no período de 1970-2019.

Na região do Vale do Acre os eventos de seca foram mais severos que os de chuva, porém de 1970 a 2000 houve maior frequência de anos secos, demonstrando ser uma região com baixa ocorrência de chuvas. Já para o Vale do Juruá os eventos de chuva ocorreram com maior frequência de 1985 a 2019, caracterizando-a como uma região de maior ocorrência de anos chuvosos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. **Acre em Números 2017**. Governo do Estado. Rio Branco: Secretaria de Estado de Planejamento. 2017. 176p.

ALMEIDA, L. T.; SILVA, F. B.; CECÍLIO, R. A.; ABREU, M. C.; FRAGA, M. S. Análise do comportamento da vazão e precipitação na influência de enchentes na bacia hidrográfica a montante da cidade de Itajubá. **Revista Augustus**, v. 24, n. 49, p. 124-145, 2019

ALVES, A. S.; ARAÚJO, L. E. Avaliação climática da precipitação da bacia hidrográfica do rio Caramatuba, PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1556-1568, 2015.

ALVES, J. O.; PEREIRA, P. C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N. Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, v. 14, n. 1, p. 37-47, 2016.

AMARAL, E. F.; GONÇALVES, R. C. Zoneamento Pedoclimático para a Seringueira no Estado do Acre. In: AMARAL, E. F.; MARTORANO, L. G.; BARDALES, N. G. In.: **Clima do Acre e cultivo da seringueira**. 1. ed. Rio Branco: Embrapa Acre, 2021.

ARAÚJO, L. E.; SILVA, D. F.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A.; SALVIANO D. E. 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.

ARAÚJO, L. E.; NETO, J. M. M.; SOUSA, F. A. S. Análise climática da bacia do Rio Paraíba – Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Engenharia Ambiental - Unipinhal**, 6, 508-523. 2009.

ASSIS, J. M. D. O.; DE SOUZA, W. M.; DO CARMO S. M. Análise climática da precipitação no submédio da bacia do Rio São Francisco com base no índice de anomalia de chuva. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, v. 1, n. 36, p. 115-127, 2015.

BEZERRA, R. B.; DANTAS, R. T.; TRINDADE, A. G. Caracterização temporal da precipitação pluvial do município de Porto Velho/RO no período de 1945 a 2003. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 3, p. 609-623, 2010.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise da escola temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no estado de Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 255-261, 2007.

BORTOLUZZI, D. D.; PRADO, G.; HARA, A. T.; SOUZA, A. C. S. Precipitação mensal provável no noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3314-3326, 2019.

BRITTO, P. F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.3/4, p.37- 48, 2008.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, p. 186-205, 2013.

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

COELHO, C. A.; CAVALCANTI, I. A.; COSTA, S. M.; FREITAS, S. R.; ITO, E. R.; LUZ, G.; PEZZA, A. B. Climate diagnostics of three major drought events in the Amazon and illustrations of their seasonal precipitation predictions. **Meteorological Applications**, n. 19, p. 237-255, 2012.

COHEN, J. C. P. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: a case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, n. 11, p. 3165-3174, 1995.

COSTA, J. A.; SILVA, D. J. Distribuição espaço-temporal do Índice de Anomalia de Chuva para o estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1002-1013, 2017.

COUTINHO, E. de C.; ROCHA, E. J. P.; LIMA, A. M. M.; GUTIERREZ, L. A. C. L.; BARBOSA, A. J. S. B.; PAES, G. K. A. A.; BISPO, C. J. C.; TAVARES, P. A. Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira entre 1982 e 2012. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p.476-500, 2018.

CHIERICE, R. A. F.; LANDIM, P. M. B. Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu. **Geociências**, v. 33, n. 1, p.157-171, 2014.

CHIANG, J. C.; KUSHNIR, Y.; GIANNINI, A. Influence of the local cross-equatorial sea surface temperature gradient and remote forcing from the eastern equatorial Pacific. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 107, n. 1, p. 1-19, 2002.

DINIZ, J. M. T. Variabilidade da precipitação e do número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba. **Holos**, v. 3, p. 171-180, 2013.

DAVIE, T. **Fundamentos de hidrologia**. Routledge, 2008.

ESPINOZA, V.; WALISER, D. E.; GUAN, B.; LAVERS, D. A.; ALPH, F. M. Análise global dos efeitos da projeção das mudanças climáticas em rios atmosféricos. **Cartas de Pesquisa Geofísica**, v. 45, n. 9, p. 4299-4308, 2018.

FARIAS, R. F. L.; ALVES, K. M. A. S.; NÓBREGA, R. S. Climatologia de ocorrência de eventos extremos de precipitação na mesorregião do Sertão Pernambucano. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 5, p. 930-941, 2012.

- FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P.; GALVÍNCIO, J. D.; SANTOS, A. M.; SOUZA, W. M. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 113-134, 2017.
- GAUGHAN, A. E.; STEVENS, F. R.; HUANG, Z.; NIEVES, J. J.; SORICHETTA, A.; LAI, S.; TATEM, A. J. Spatiotemporal patterns of population in mainland China, 1990 to 2010. **Scientific Data**, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2016.
- GROSS, J. A.; CASSOL, R. Ocorrências de índices de anomalia de chuva negativos no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n. 2, p. 21-33, 2015.
- GIANNINI, A.; KUSHNIR, Y.; CANE, M. A. Interannual Variability of Caribbean Rainfall, ENSO, and the Atlantic Ocean. **Journal of Climate**, v. 13, p. 297-311, 2000.
- GIRMA, E.; TINO, J.; WAYESSA, G. Rainfall trend and variability analysis in Setema-Gatira area of Jimma, Southwestern Ethiopia. **African Journal of Agriculture Research** V. 11, p. 3037–3045, 2016.
- HOFFMANN, E. L.; DALLACOR T, R.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; BARBIERI, J. D. Variabilidade das chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 11, n. 04, p. 1251-1263, 2018.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change). **Summary for policymakers**. In: FIELD, C. B.; BARROS, V.; STOCKER, T. F.; QIN, D.; DOKKEN, D. J.; EBI, K. L. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press. 2012, 3-21p.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change). **The Physical Science Basis**. In: STOCKER, T. F.; QIN, G. K.; PLATTNER, M.; TIGNOR, S. K.; ALLEN, J.; BOSCHUNG, A.; NAUELS, Y.; XIA, V.; MIDGLEY P. M. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013. 1535p.
- ISHAK, E. H.; RAHMAN, A.; WESTRA, S.; SHARMA, A.; KUCZERA, G. Evaluating the non-stationarity of Australian annual maximum flood. **Journal of Hydrology**, v. 494, p. 134-145, 2013.
- LAPPAS, I.; TSIUMAS, V.; ZORAPAS, V. Spatial—Temporal Analysis, Variation and Distribution of Precipitation in the Water District of Central—Eastern Greece. **Bull. Geol. Soc. Greece**, v. 47, p. 740–749, 2013.
- LI, W; FU, R. Transition of the large-scale atmospheric and land surface conditions from the dry to the wet season over amazonia as diagnosed by the ECMWF re-analysis. **Journal of Climate**, v. 17 p.2637–2651, 2004.

LIAO, W.; WANG, X.; FAN, Q.; ZHOU, S.; CHANG, M.; WANG, Z.; WANG, Y.; TU, Q. Long-term atmospheric visibility, sunshine duration and precipitation trends in South China. *Atmospheric Environment*, v. 107, p. 204–216, 2015.

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. *GEOUSP Espaço e Tempo*, v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.

LOPES, M. N. G. Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 12, n. 1, p. 84-102, 2013.

LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; TONELLO, K. C. Escoamento superficial da água da chuva em um fragmento florestal de Mata Atlântica, Viçosa-MG. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 5, n. 1, p. 50–58, 2015.

MAHUMANE, A. A. **A Ocorrência de Eventos Climáticos Extremos de Precipitação e a sua Relação com Fenômenos El Niño e La Niña na Cidade de Xai-Xai (1951-2017)**. 2019. 127f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental). Faculdade de Ciências da Terra e Ambiente da Universidade Pedagógica de Maputo, Moçambique.

MANIÇOBA, R. M.; SOBRINHO, J. E.; GUIMARÃES, Í. T.; CAVALCANTE JÚNIOR, E. G.; SILVA, T. T. F.; ZONTA, J. H. Índice de anomalias de chuva para diferentes mesorregiões do Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 04, p. 1110-1119, 2017.

MARCUZZO, F.; GOULARTE, E. R. P. Índice de anomalia de chuvas do estado do Tocantins. *Geoambiente on-line*, n. 19, p. 01-17, 2012.

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

MELO, V. D. S. **Análise de frequência de secas utilizando análise de agrupamento e distribuições de probabilidades**. 2016. 102p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal De Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB.

MENDONÇA, F. Climatologia: concepções científicas e escalas de abordagem. **São Paulo: Oficina de Textos**. 2007. 206p.

MIGUEZ, M. G.; DI GREGÓRIO, L. T.; VERÓL, A. P. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 368p.

MONTOYA, ANDRÉS A. D. V.; DE LIMA, A. M. M.; DA ROCHA, E. J. P.; PEREIRA FILHO, A. J. Conflitos pelo uso das águas no baixo rio tocantins: análise de tendências. *Boletim de Geografia*, v. 36, n. 2, p. 14-30, 2018.

MORETO, V. B.; APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; MORAES, J. R. S. C. Agrometeorological models for estimating sweet cassava yield. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 48, n. 1, p. 43-51, 2018.

MOREIRA, J. G. D. V.; NAGHETTINI, M. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com erros dos tipos I e II: estudo de caso em séries de precipitações diárias máximas anuais do estado do Acre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, p. 394-402, 2016.

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in Annual Daily Maximum Streamflow Series in the Hydrographic Basin of the Upeer Jurá River, Western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 12, n. 2, p. 705-713, 2019.

MOREIRA, S. F.; CONCEIÇÃO, C. S.; CRUZ, M. C. S.; JÚNIOR, A. P. A Influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a dinâmica climática da região Amazônica. **Multidisciplinary Reviews**, v. 1, p. 1-7, 2018.

MOSSINI JUNIOR, D; RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; SILVA, F. S. Distribuição e probabilidade de precipitação para Nova Mutum, Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 435-447, 2016.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1989. 421p.

NERY, J. T.; SIQUEIRA, B. Índice de Anomalia de Chuva aplicado ao estudo das precipitações no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 722-788, 2020.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 9, p. 2464- 2479, 1996.

NORONHA, G. C.; HORA, M. A. G. M.; SILVA, L. P. Análise do Índice de Anomalia de Chuva para a Microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia** v. 31, p. 74-81, 2016.

OLIVEIRA, A. J.; CALDAS PEREIRA, P.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; SILVA FERREIRA, J. M.; JÚNIOR, G. D. N. A. Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do Estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, v. 14, n. 1, p. 37-47, 2016.

OLIVEIRA, A. V.; SERRANO, R. O. P.; MESQUITA, A. A.; MOREIRA, J. G. V. Temporal Trend and Estimation of the Hydrological Risk of Maximum Rainfall and Flow Extremes in the City of Rio Branco, Acre, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 4, p. 10, 2021.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de series históricas de precipitação puvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, 2010.

OLIVEIRA, S. S.; SOUZA, A.; ABREU, M. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; CAVAZZANA, G. H. Space-temporal characterization of south mato grosso precipitation: rain distribution and rain anomaly index (iac) analysis for climate phenomena. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 181-201, 2020.

PASSOS, M. L. V.; RAPOSO, A. B.; MENDES, T. J. Estimativa da distribuição da precipitação pluviométrica provável em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 1, p. 1106-1115, 2017.

PEREIRA, M. L. T.; SOARES, M. P. A.; SILVA, E. A.; ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A.; SOUZA, W. M. Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 394-402, 2017.

PEREIRA, D. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. Natural hazards and disasters in south western amazon region: analysis of purus river basin/ameacas e desastres naturais na amazonia sul ocidental: analise da bacia do rio purus. **Ra'e Ga**, n. 35, p. 68-95, 2015.

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. 1, p. 185-204, 2010.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206- 226, 2015.

RIBEIRO, E. P.; MACIEL, A. S. Q. A. análise do índice de anomalia de chuva na microrregião de vitória de santo antão–Pernambuco. **Revista GeoNordeste**, n. 2, p. 89-106, 2018.

RICKENBACH, T. M. Nocturnal Cloud Systems and the Diurnal Variation of Clouds and Rainfall in Southwestern Amazonia. **American Meteorological Society**, v. 132, p. 1201-1219. 2004.

RODRIGUES, R. R.; HAARSMA, R. J.; CAMPOS, E. J. D.; AMBRIZZI, T. The impacts of inter-El Nino variability on the Tropical Atlantic and Northeast Brazil climate. **Journal of Climate**, v. 24, p. 3402-3422, 2011.

ROCHA, P. C. Indicadores de alteração hidrológica no Alto Rio Paraná: intervenções humanas e implicações na dinâmica do ambiente fluvial. **Sociedade & Natureza**, v. 22, p. 191-211, 2010.

ROOY, M. P. van. A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space. **Notos**. v.14, p. 43, 1965.

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.

SANTOS, C. A. C. DOS; MANZI, A. O. Eventos Extremos de Precipitação no Estado do Ceará e Suas Relações Com a Temperetura dos Oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, p. 157–165, 2011.

SANTOS, V. C.; BLANCO, C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. Distribution of rainfall probability in the Tapajos River Basin, Amazonia, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 14, n. 3, 1-21, 2019.

SANTOS, E. C. A. dos; ARAÚJO, L. E.; MARCELINO, A, S. Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.9–14, 2015.

SANTOS, E. P.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R. S.; SILVA, F. D. S. Eventos extremos de chuva e alterações no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Uma aplicação do índice RAI (Rainfall Anomaly Index). **Engenharia Ambiental**, v. 8, p. 315 - 330, 2011.

SANTOS, R. A.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). **Geo UERJ**, n,33. p.1-17, 2018.

SATYAMURTY, P.; COSTA, C.P.W.; MANZI, A.O. E CANDIDO, L.A. A quick look at he 2012 record flood in the Amazon Basin. **Geophysical Research Letters**, v. 40, p. 1396–1401, 2013.

SENA, O. J. P.; NETO, J. M. M.; LUCENA, D. B. Variabilidade da precipitação por década e a relação com os eventos extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 199-210, 2017.

SHOURASENI, S. R.; ROBERT, C. B. J. R. Trends in extreme daily precipitation indices in India. **International Journal of Climatology**, v.24, p.457–466, 2004.

SILVA, A. R.; SANTOS, T. S.; QUEIROZ, D. É.; GUSMÃO, M. O., & SILVA, T. G. F. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of environmental analysis and progress**, p. 377-384, 2017.

SILVA, E. D.; REBOITA, M. S. Estudo da precipitação no estado de Minas GeraisMG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 120-136, 2013.

SILVA, E. S.; ZAVISLAK, F. D.; DALLACORT, R.; CARVALHO, M. A. C.; ARAUJO, D. V. Distribuição de probabilidade de chuva no município de Sapezal, MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p.1112-1122, 2013.

SILVA, F. F.; DOS SANTOS, F. D. A.; DOS SANTOS, J. M. Índice de anomalia de chuva (IAC) aplicado ao estudo das precipitações no município de caridade, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 426-444, 2020.

SILVA, J. R. S.; TAVEIRA, M. K.; MESQUITA, A. A.; SERRANO, R. O. P.; MOREIRA, J. G. V. Caracterização temporal da precipitação pluviométrica na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Revista Uáquiri**, v. 3, n. 1, p. 64-75, 2021.

SILVA, L. L. D.; COSTA, R. F. D.; CAMPOS, J. H. D. C.; DANTAS, R. T. Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 454-461, 2009.

SILVA, V. B. S.; KOUSKY, V. E. The South American Monsoon System: Climatology and Variability. **Modern climatology**, v. 123, p. 1-152, 2012.

SILVA, E. G. F. A.; POLYCARPO, J. S. M.; MELO, R. F.; MOUSINHO, F. H. G.; OLIVEIRA FILHO, J. E.; CORREA, M. M. Determinação de precipitação provável mensal para o município de Goiana-PE. **Revista GEAMA**, v. 5, n. 1, p. 41-46, 2019.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T., The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p.113-122. 2004.

SOUZA, A. L. N. C.; OLIVEIRA, A. P.; PINTO, P. D.; MELLO, A. H.; ARAÚJO, J. A. Análise do Índice de Anomalia de Chuvas do município de Tucuruí-PA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 32, p. 60-71, 2020.

SOUZA, A. M. Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação na Amazônia Durante Eventos ENOS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 13 –24, 2015.

SOUZA A. C.; CANDIDO, L. A.; ANDREOLI, R. V. Variabilidade Interanual da Precipitação e Fluxo de Umidade Sobre a Amazônia Usando o QTCM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 41-56. 2017.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 2, p. 305-318, 2000.

SOUZA, E. B. D.; 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**, v. 24, p. 111-124, 2009.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

SUN, Z.; GUO, S. S.; FÄSSLER, R. Integrin-mediated mechanotransduction. **Journal of Cell Biology**, v. 215, n. 4, p. 445-456, 2016.

TENÓRIO, L. X. S.; LIMA, L. A.; SILVA, M. L.; FERNANDES, T. L.; GHESTI, G. F. Mapeamento do desenvolvimento de tecnologias dentro do contexto de inundações urbanas. **Cadernos de Prospecção**, v. 10, n. 4, p. 89–95, 2017.

TRENBERTH, K. E.; JONES, P. D.; AMBENJE, P.; BOJARIU, R.; EASTERLING, D.; KLEIN TANK, A. **Observations: surface and atmospheric climate change**. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B. (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, New York: Cambridge University Press, p. 235-336, 2007.

WANG, Y; XU, Y; TABARI, H; WANG, J; WANG, Q; SONG, S; HU, Z. Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China. **Atmospheric Research**, v. 231, p. 1-14, 2020.

WAGESHO, N.; GOEL, N. K.; JAIN, M. K. Investigation of non-stationarity in hydro-climatic variables at Rift Valley lakes basin of Ethiopia. **Journal of Hydrology**, v. 444–445, p. 113–133, 2012.

XU, M.; KANG, S.; WU, H.; YUAN, X. Detection of spatio-temporal variability of air temperature and precipitation based on long-term meteorological station observations over Tianshan Mountains, Central Asia. **Journal of Hydrology**, v. 203, p. 141–163, 2018.

VERA, C; HIGGINS, W.; AMADOR, J.; AMBRIZZI, T.; GARREAUD, R.; GOCHIS, D.; GUTZLER, D.; LETTENMAIER, D.; MARENGO, J.; MECHOSO, C. R.; NOGUESPAEGLE, J.; SILVA DIAS, P. L.; ZHANG, C. Towards a unified view of the American Monsoon systems. **Journal of Climate**, v. 19, p. 4977-5000, 2006.

YANG, P.; XIA, J.; ZHANG, Y.; HONG, S. Temporal and spatial variations of precipitation in Northwest China during 1960–2013. **Atmospheric Research**, v. 183, p. 283–295, 2017.

YIN, L.; FU, R.; SHEVLIAKOVA, E.; DICKINSON, R. E. Quão bem o CMIP5 pode simular a precipitação e seus processos de controle sobre a América do Sul tropical?. **Dinâmica Climática**, v. 41, n. 11-12, p. 3127-3143, 2013.

ZHANG, X.; ZWIERS, F. W.; HEGERL, G. C.; LAMBERT, F. H.; GILLET, N.; SOLOMON, S.; STOTT, P.; NOZAWA, T. Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. **Nature**, v. 448, p. 461–465, 2007.

ZHOU, J.; LAU, K. M. Does a Monsoon Climate Exist over South America? **Journal of Climate**, v. 11, p. 1020-1040, 1998.

ZOLINA, O.; SIMMER, C.; GULEV, S. K.; KOLLET, S. Changing structure of European precipitation: Longer wet periods leading to more abundant rainfalls. **Geophysical Research Letters**, v. 37, n. 6, 2010.