



## APORTES TEÓRICOS SOBRE A INFLUÊNCIA DOS FENÔMENOS ATMOSFÉRICOS NA PRECIPITAÇÃO DO ESTADO DO ACRE E O USO DE ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DA CHUVA

Antônia Fabiana Barros de Lima <sup>1\*</sup>; José Genivaldo Vale Moreira <sup>2</sup>; Lucena Rocha Virgílio <sup>3</sup>,  
Rodrigo Otavio Peréa Serrano <sup>2-4</sup>, Luan Nascimeto <sup>5</sup>;  
Josimar Batista Ferreira <sup>2</sup>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1624-4785>; <https://orcid.org/0000-0002-2994-8482>; <https://orcid.org/0000-0001-7962-135X>; <https://orcid.org/0000-0002-7786-8305>; <https://orcid.org/0000-0002-3616-0079>;  
<https://orcid.org/0000-0002-6978-315X>

<sup>1</sup> Mestre pelo programa de pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia da UFAC, Rio Branco, Acre; <sup>2</sup> Professor do programa de pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia da UFAC, Rio Branco, Acre; <sup>3</sup> Professora do Campus Floresta, UFAC, Cruzeiro do Sul, Acre; <sup>4</sup> Professor do programa de pós-graduação em Geografia da UFAC, Rio Branco, Acre; <sup>5</sup> Professor do programa de pós-graduação em Produção Vegetal da UFAC, Rio Branco Acre

[\\*fabi.bio.barros@gmail.com](mailto:*fabi.bio.barros@gmail.com)

Recebido em: 01/02/2022; Aceito em: 27/05/2022; Publicado em: 15/07/2022

DOI: <https://doi.org/10.29327/268458.4.1-4>

### RESUMO

A discussão de estudos sobre os fenômenos atmosféricos que causam modificações na precipitação pluviométrica é essencial para a compreensão da variabilidade espaço-temporal das chuvas e entendimento acerca dos eventos extremos de baixa e alta precipitação local que podem trazer danos tantos ambientais como sociais. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo discutir sobre a relação dos fenômenos atmosféricos que influenciam a precipitação no estado do Acre e o uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) como ferramenta de avaliação da precipitação pluviométrica. A metodologia está centrada na leitura de trabalhos publicados em revistas eletrônicas, buscando artigos científicos em diferentes plataformas internacionais e nacionais com abordagens sobre a influência de fenômenos atmosféricos na precipitação pluviométrica. O trabalho trata de uma abordagem meramente teórica, porém, importante para a difusão do conhecimento nesta área da ciência. Dessa forma, dentre os fenômenos climáticos que ocasionam mudanças significativas no regime das chuvas no estado do Acre estão às flutuações interanuais na oscilação sul e a pressão atmosférica ao nível do mar no oceano Pacífico, nos quais influência na intensidade dos fenômenos de El Niño e La Niña. Possivelmente, esses eventos causam alterações no regime de ventos alísios que se movimentam na zona de convergência intertropical, no qual influência de maneira positiva ou negativa nos padrões pluviométricos da Amazônia. Entretanto, como ferramenta precisa de verificação da variabilidade pluviométrica ao longo de uma série histórica em determinado espaço o índice de anomalia de chuva torna-se a principal ferramenta, no qual é possível a identificação de eventos extremos de alta e baixa precipitação em uma série histórica de uma dada região.

**Palavras-chave:** pluviometria; índice de anomalia de chuva; variabilidade climática.

**CONTRIBUTION THEORETICAL ON THE INFLUENCE OF ATMOSPHERIC PHENOMENA  
ON RAINFALL IN THE STATE OF ACRE AND THE USE OF INDEX FOR RAIN  
ASSESSMENT**

**ABSTRACT**

The discussion of studies on the atmospheric phenomena that cause changes in rainfall is essential for understanding the spatiotemporal variability of rainfall and understanding the extreme events of low and high local precipitation that can cause both environmental and social damage. Thus, the present work aims to discuss the relationship between atmospheric phenomena that influence precipitation in the state of Acre and the use of the Rainfall Anomaly Index (IAC) as a tool to assess rainfall. The methodology is centered on reading works published in electronic journals, seeking scientific articles on different international and national platforms with approaches on the influence of atmospheric phenomena on rainfall. The work performs a merely theoretical approach, however, important for the dissemination of knowledge in this area of science. Thus, among the climatic phenomena that cause significant changes in the rainfall regime in the state of Acre are the interannual fluctuations in the southern oscillation and the atmospheric pressure at sea level in the Pacific Ocean, which influence the intensity of the El Niño and La Niña. Possibly, these events cause changes in the trade wind regime that moves in the intertropical convergence zone, which positively or negatively influences the rainfall patterns in the Amazon. However, as a precise tool for verifying rainfall variability over a historical series in a given space, the rainfall anomaly index becomes the main tool, in which it is possible to identify extreme events of high and low precipitation in a historical series of given region.

**Keywords:** Rainfall; Rain anomaly index; Climate variability.

**APORTES TEÓRICOS SOBRE LA INFLUENCIA DE LOS FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS  
EN LA LLUVIA LLUVIA EN EL ESTADO DE ACRE Y EL USO DEL ÍNDICE PARA LA  
EVALUACIÓN DE LA LLUVIA**

**RESUMEN**

La discusión de los estudios sobre los fenómenos atmosféricos que provocan cambios en las precipitaciones es fundamental para comprender la variabilidad espaciotemporal de las precipitaciones y comprender los eventos extremos de precipitaciones locales bajas y altas que pueden causar daños tanto ambientales como sociales. Así, el presente trabajo tiene como objetivo discutir la relación entre los fenómenos atmosféricos que influyen en la precipitación en el estado de Acre y el uso del Índice de Anomalía de la Precipitación (RAI) como herramienta para evaluar la precipitación. La metodología se centra en la lectura de trabajos publicados en revistas electrónicas, buscando artículos científicos en diferentes plataformas internacionales y nacionales con enfoques sobre la influencia de los fenómenos atmosféricos en las precipitaciones. El trabajo aborda un enfoque meramente teórico, sin embargo, importante para la difusión del conocimiento en esta área de la ciencia. Así, entre los fenómenos climáticos que provocan cambios significativos en el régimen de lluvias en el estado de Acre se encuentran las fluctuaciones interanuales de la oscilación austral y la presión atmosférica a nivel del mar en el océano Pacífico, que influyen en la intensidad de los fenómenos de El Niño y La niña. Posiblemente, estos eventos provoquen cambios en el régimen de los vientos alisios que se mueven en la zona de convergencia intertropical, en la que influyen positiva o negativamente en los patrones de lluvia en la Amazonía. Sin embargo, como herramienta precisa para verificar la variabilidad de las precipitaciones a lo largo de una serie histórica en un espacio determinado, el índice de anomalías pluviales se convierte en la principal herramienta, en la que es posible identificar eventos extremos de alta y baja precipitación en una serie histórica de un determinado región.

**Palabras clave:** lluvia; índice de anomalía de lluvia; variabilidad climática.

## 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 hidro meteorológica com maior importância para a sociedade, uma vez que ela dispara outros processos como cheios e enxurradas. 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, cuja ocorrência já é quase consenso (MOREIRA *et al.*, 2016).

Neste sentido, a identificação de fenômenos que influenciam as altas 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 de tais recursos. Além disso, Noronha *et al.* (2016) destacam que a realização de estudos sobre a variabilidade pluviométrica e outras variáveis são capazes de identificar tendências e/ou anomalias, para que possa ser capaz de atenuar os impactos a eventos extremos futuros.

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.

Desta forma, o presente trabalho se voltou a realizar uma pesquisa descritiva por meio de revisão de literatura sobre a relação dos fenômenos atmosféricos que influenciam a

precipitação no estado do Acre e o uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) como ferramenta de avaliação da precipitação pluviométrica.

## **2. METODOLOGIA**

O presente artigo envolve uma revisão de literatura com investigação de trabalhos publicados em revistas eletrônicas, buscando em diferentes plataformas de artigos científicos internacionais e nacionais com abordagens sobre a influência de fenômenos atmosféricos na precipitação pluviométrica.

## **3. 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 (MOREIRA *et al.*, 2016; 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 correta tomada de decisões, o estudo espaço-temporal da distribuição das chuvas é imprescindível ao conhecimento sobre o fenômeno em uma determinada região.

### **3.1. 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 (VERA *et al.*, 2006; 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; VERA *et al.*, 2006). 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; MOURA; SHUKLA, 1981). 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 (KOUSKY, 1980; 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, a influência dos 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).

### **3.2. 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).

### **3.3. 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 encontra-se 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; SANCHES *et al.*, 2014).

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 Índice de Anomalia de Chuva (IAC), desenvolvido por Rooy (1965), é utilizado para classificar as 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 entorno 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).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Dentre os fenômenos climáticos que ocasionam mudanças significativas no regime das chuvas no estado do Acre, no extremo ocidente da Amazônia brasileira, estão as flutuações interanuais na oscilação sul e a pressão atmosférica ao nível do mar no oceano Pacífico, nos quais influência na intensidade dos fenômenos de El Niño e La Niña. Possivelmente, esses eventos causam alterações no regime de ventos alísios que se movimentam na zona de convergência intertropical, no qual influência de maneira positiva ou negativa nos padrões pluviométricos da Amazônia.

Os eventos de precipitação variam bastantes, 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 torna-se a principal ferramenta de análise espaço-temporal da precipitação pluviométrica, no qual é possível a

identificação de eventos extremos de alta e baixa precipitação em uma série histórica de uma dada região.

## 5. REFERÊNCIAS

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.

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.

ASSIS, J. M. D. O.; DE SOUZA, W. M.; DO CARMO SOBRAL, 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.

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.

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.

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.

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: C. B. FIELD, V. BARROS, T. F. STOCKER, D. QIN, D. J. DOKKEN, K. L. EBI, *et al.* (Eds.). 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. p. 3-21.

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.

KOUSKY, V. E. Variação pluviométrica diurna no nordeste do Brasil. **Revisão Mensal do Tempo**, v. 108, n. 4, p. 488-498, 1980.

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.

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

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)**. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental). 127f. 2019.

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.

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

MELO, V. D. S. **Análise de frequência de secas utilizando análise de agrupamento e distribuições de probabilidades**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). 2016. 102p.

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

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. V.; NAGHETTINI, M.; ELEUTÉRIO, J. C. Frequência e risco sob não-estacionariedade em registros pluviométricos da bacia do alto rio Tarauacá, Acre. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 232-241, 2016.

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.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2016.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.

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, 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. DE.; HORA, M. DE A. G. M. DA.; SILVA, L. P. DA.,. 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. 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.

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.

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, 1965, 43p.

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, 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.

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, 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, 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, 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, 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, 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.

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.

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.

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.