
O USO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) EM JUIZ DE FORA- MINAS GERAIS

Camila de Moraes Gomes **TAVARES**

Mestre em Geografia -Universidade Federal de Juiz de Fora

camila.tardeli.tavares@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8373-0468>

Pâmela Martins **CARVALHO**

Graduanda em Geografia Universidade Federal de Juiz de Fora

pamgeografic@gmail.com

<https://orcid.org/0000-00030591-5704>

Thiago Alves de **OLIVEIRA**

Mestre em Geografia -Universidade Federal de Juiz de Fora

thiago.oliveira@ich.ufjf.br

<https://orcid.org/0000-0002-7520-2251>

Fábio **SANCHES**

Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF); Professor do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

fsanches.73@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5629-8350>

Cássia de Castro Martins **FERREIRA**

Professora do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Vice Coordenadora do Programa de Pós Graduação em Geografia- PPGEU UFJF. Coordenadora do Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA- UFJF)

cassia.castro@ufjf.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-6070-7257>

Histórico do Artigo:

Recebido

Janeiro de 2021

Aceito

Março de 2021

Publicado

Julho 2021

RESUMO: Pesquisas sobre variabilidade climática contribuem para a compreensão da gênese das chuvas de uma região ou localidade. Tal conhecimento contribui para adoção de melhores políticas de gestão e planejamento dos recursos hídricos além de ações frente aos desastres associados as chuvas (excessos pluviométricos/secas). O presente trabalho teve por objetivo analisar o comportamento das precipitações em Juiz de Fora, Minas Gerais, no intervalo no período de 1910-2017, a partir da aplicação do Índice de Anomalias de Chuvas (IAC) e verificar se sua dinâmica (anuais, trimestrais e mensais) apresenta correlação com os fenômenos El Niño e La Niña (ENOS) e Oscilação Decenal do Pacífico (ODP). A partir das análises do IAC foram identificados 20 anos muito secos e extremamente secos e 20 anos muito úmidos e extremamente úmidos. Os resultados comparativos dos modos de variabilidade (ENOS e ODP) com o IAC revelaram não haver correspondência com as chuvas locais. Dessa forma verifica-se que os fenômenos ENOS e ODP não modulam as chuvas anuais, trimestrais e mensais em Juiz de Fora.

Palavras Chave: Variabilidade Climática; Precipitação; Índice de Anomalias de Chuva; El Niño/ La Niña; Oscilação Decadal do Pacífico.

THE USE OF THE RAIN ANOMALY INDEX (IAC) IN JUIZ DE FORA- MINAS GERAIS

ABSTRACT: Research on climate variability contributes to the understanding of the genesis of rainfall in a region or locality. This knowledge contributes to the adoption of better policies for the management and planning of water resources, in addition to actions in the face of disasters associated with rainfall (rainfall/drought excesses). The present work aimed to analyze the behavior of precipitation in Juiz de Fora, Minas Gerais, in the period 1910-2017, from the application of the Rainfall Anomalies Index (IAC) and to verify whether its dynamics (annual, quarterly and monthly) is correlated with the phenomena El Niño and La Niña (ENOS) and Pacific Decadal Oscillation (ODP). From the IAC analyses, 20 very dry and extremely dry years and 20 very humid and extremely humid years were identified. The comparative results of the modes of variability (ENOS and ODP) with the IAC revealed no correspondence with the local rains. Thus, it is verified that the Phenomena ENOS and ODP do not modulate the annual, quarterly and monthly rains in Juiz de Fora.

Keywords: Climate Variability; Precipitation; Rainfall Anomalies Index; El Niño/ La Niña; Pacific Denol Oscillation.

EL USO DEL ÍNDICE DE ANOMALÍAS DE LLUVIA (IAC) EN JUIZ DE FORA- MINAS GERAIS

RESUMEN: La investigación sobre la variabilidad climática contribuye a la comprensión de la génesis de las precipitaciones en una región o localidad. Este conocimiento contribuye a la adopción de mejores políticas para la gestión y planificación de los recursos hídricos, además de acciones ante desastres asociados a las precipitaciones (excesos de lluvias/sequías). El presente trabajo tenía como objetivo analizar el comportamiento de las precipitaciones en Juiz de Fora, Minas Gerais, en el periodo 1910-2017, a partir de la aplicación del Índice de Anomalías de Lluvia (IAC) y verificar si su dinámica (anual, trimestral y mensual) está correlacionada con los fenómenos El Niño y La Niña (ENOS) y Oscilación Decenal del Pacífico (ODP). A partir de los análisis del IAC, se identificaron 20 años muy secos y extremadamente secos y 20 años muy húmedos y extremadamente húmedos. Los resultados comparativos de los modos de variabilidad (ENOS y ODP) con el IAC no revelaron correspondencia con las lluvias locales. Así, se verifica que los Fenómenos ENOS y ODP no modulan las lluvias anuales, trimestrales y mensuales en Juiz de Fora.

Palabras clave: Variabilidad climática; Precipitación; Índice de Anomalías de Lluvia; El Niño/ La Niña; Oscilación Decenal del Pacífico

INTRODUÇÃO

Entender o clima como dinâmico foi o caminho proposto por Monteiro (1971) na perspectiva de avaliá-lo a partir de seu ritmo. Nesse sentido, o conceito de clima esclarece que a “sucessão dos estados atmosféricos, conduz implicitamente ao conceito de ‘habitual’ pois que há variações e desvios que geram diferentes graus de distorções até atingir padrão extremos” (MONTEIRO, 1971, p.4)

Nessa concepção, entender o ritmo habitual de determinada variável climática como as precipitações, por exemplo, permite-nos observar sua distribuição ao longo do tempo em termos de sua variabilidade assim como as excepcionalidades (eventos de seca ou excessos pluviométricos que fogem do padrão normal de distribuição da chuva para uma determinada área). Essa análise é feita a partir da leitura e análise das séries históricas de dados.

Conti (2005) já destacava que a variabilidade climática é produto tanto do espaço, quando do tempo, uma vez que envolve complexas relações entre a atmosfera, os oceanos, superfícies continentais, cobertura de gelo, neve etc., manifestando-se de forma desigual (ano a ano, década a década) sob flutuações de curto, médio e longo prazo.

Dessa forma, é possível considerar que a variabilidade climática é a variação “natural” das condições climáticas, incluindo os extremos, que por sua vez, fogem da habitualidade. Sendo assim, torna-se fundamental compreender os modos (e fenômenos) que influenciam no regime de precipitações (anuais e sazonais).

Considerando que os mecanismos de planejamento e gestão do espaço geográfico em termos do uso e ocupação do solo, as políticas públicas associadas aos recursos hídricos, de gestão de mananciais e abastecimentos dependem de um claro conhecimento da variabilidade climática, sobretudo pluviométrica, para as ações coordenadas de mitigação e planejamento, é necessário estudos que busquem identificar os fenômenos que influenciam a dinâmica atmosférica sobre determinadas áreas.

Os oceanos, devidos suas dimensões territoriais extensas, exercem influência na variabilidade climática “inclusive de regiões continentais mais remotas a eles” (OLIVEIRA, et. al. 2019, s/p), por meio das chamadas teleconexões atmosféricas. As águas oceânicas apresentam alta capacidade térmica sendo de grande importância para os processos físicos de interação entre atmosfera e superfície (SILVA et. al., 2012).

Os oceanos apresentam-se tanto como fonte de umidade no sistema hidrodinâmico quanto contribuem para alteração da localização dos campos fixos de pressão atmosférica global (OLIVEIRA et. al. 2019; SILVA, et. al.2012). Dessa forma, os fenômenos de variabilidade climática relacionados à Temperatura de Superfície do Mar (TSM) como El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), quando atuantes, influenciam no padrão de escoamento atmosférico (SILVA et. al., 2012) e, portanto, na atuação dos sistemas atmosféricos em escala regional (Zona de Convergência do Atlântico Sul, Zona de Convergência Intertropical, Sistemas Frontais etc.) com repercussão local (excedentes pluviométricos/ secas).

No Brasil diversos estudos procuram estabelecer a relação entre o fenômeno ENOS com as alterações nos padrões de chuva, por vezes em excesso, assim como nos eventos de secas anômalas (GRIMM et al., 1998; 2000; VEIGA et al., 2002; GRIMM e TEDESCHI, 2004, OLIVEIRA, 2005; MINUZZI et al., 2006; MARCUZZO e ROMERO, 2013; OLIVEIRA et al, 2015, OLIVEIRA et al, 2020 entre outros). Da mesma forma, os trabalhos de Cera et al (2009), Silva et al (2009), Streck et al (2009), Silva et al (2012), Oliveira et al (2020), também, destacam, além do ENOS, a influência da ODP na dinâmica climática.

Molion (2017) esclarece que nos eventos de El Niño (sua fase positiva do ENOS) as regiões Norte e Nordeste apresentam redução e suas precipitações (seca), enquanto que nas regiões Sul e Sudeste são observados elevados volumes de chuva. Já na sua fase negativa (La Niña), essa dinâmica se inverte elevando os volumes pluviométricos nas regiões Norte e Nordeste e reduzindo as chuvas no Sul e Sudeste do país.

Com o intuito de avaliar a influência do fenômeno ENOS nas precipitações, diversos pesquisadores tem se utilizado do Índice de Anomalia de Chuva como técnica de análise. Na região Nordeste do Brasil destacam-se os trabalhos de Azevedo e Silva (1994), Araújo et al. (2007), Araújo et al. (2009a; 2009b), Silva et al., (2009), Silva et al. (2012), Alves et al (2016). Na região Centro-oeste os trabalhos de Marcuzzo et al. (2011) e Silva Junior (2011) e, na região Sudeste, Emiliano et al (2018).

Por sua vez, na região Sul do Brasil, os trabalhos de Ewald (2010), Chechi e Sanches (2013) e Sanches et al. (2014) e Gross e Cassol (2015), Gonçalves e Back (2016) buscaram identificar tanto a ação das fases positiva e negativa do ENOS, bem como a relação das chuvas anuais com a dinâmica da ODP.

Uma das formas pelas quais é possível identificar anomalias climáticas é através da aplicação de técnicas estatísticas no conjunto de dados da variável estudada. A técnica do Índice de Anomalias de Chuvas (IAC) que tem por função “analisar a frequência dos anos

[meses e estações] secos e chuvosos e a intensidade avaliando seu grau de severidade e duração” têm sido um importante mecanismo de monitoramento dos eventos anômalos de precipitação.

Segundo Costa et. al. (2017) e Silva et. al. (2017) a técnica do IAC é de fácil aplicabilidade requerendo apenas os dados pluviométricos. A utilização dos dados pluviométricos (unicamente) para a aplicação da técnica facilita a correlação dos índices obtidos com demais índices (SILVA et. al. 2017) dos modos de variabilidade climática (como o ENOS e ODP).

A técnica do IAC tem sido amplamente aplicada nas pesquisas sobre variabilidade pluviométrica como nos trabalhos de Marcuzzo et. al. (2012), Sanches et. al. (2014), Alves et. al. (2016), Noronha et. al. (2016), Costa (2017), Maniçoba et. al. (2017), Silva et. al. (2017), Cerqueira et. al. (2018), Rodrigues et. al. (2019), Silva et. al. (2020), Nery et. al. (2020) e Souza et. al. (2020).

Dessa forma, o trabalho teve por finalidade estudar o comportamento das precipitações em Juiz de Fora (MG), no intervalo de tempo que compreende 1910-2017, a partir da aplicação do Índice de Anomalias de Chuvas (IAC) e verificar se a climatologia das chuvas (anuais, trimestrais e mensais) apresenta correlação com a dinâmica dos fenômenos ENOS e ODP.

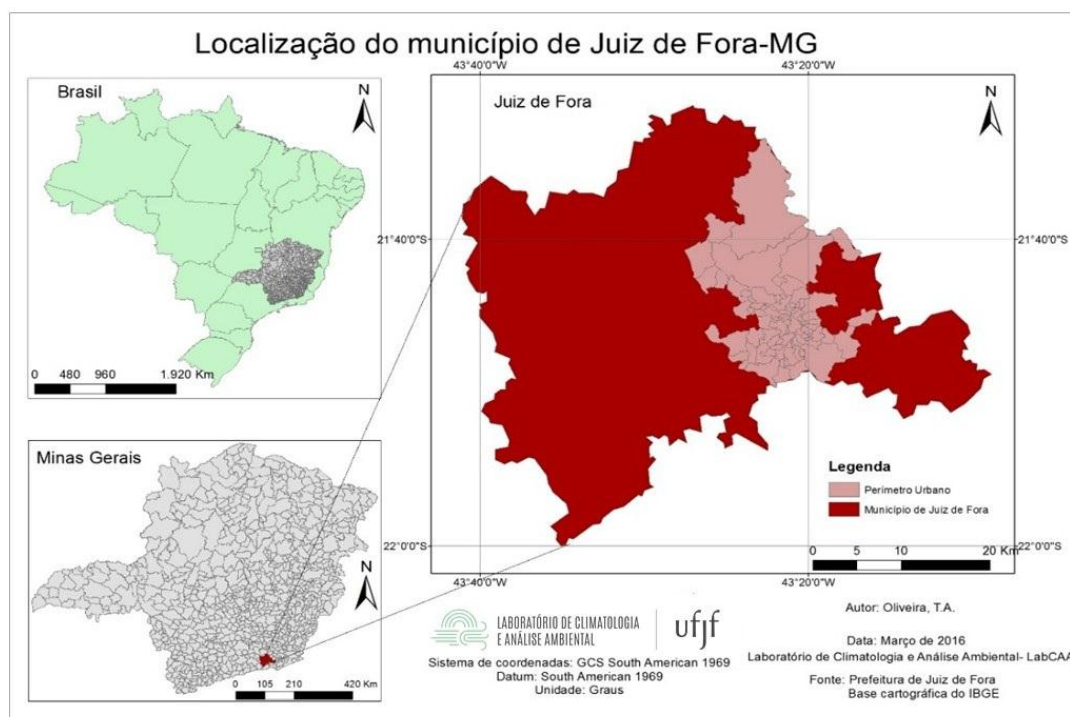
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DINÂMICA CLIMÁTICA

Assentada sobre as morrarias arredondadas, recobertas por vegetação de Mata Atlântica, pertencente ao Domínio dos Mares de Morros descrito por Ab’Sáber (2007), na Zona da Mata Mineira, está localizada Juiz de Fora (Figura 1), com variação altimétrica entre 600- 1000 m (OLIVEIRA, et al., 2020).

Com uma média anual de 1494,87 mm (dados do período de 1910-2017), as chuvas em Juiz de Fora se dividem em uma estação chuvosa (de outubro a março) e outra seca (de abril a setembro). Para Ferreira (2012), os meses de abril e de setembro comportam-se, ainda, como períodos de transição entre ambas as estações, sob atuação de sistemas atmosféricos antecipam/prolongam as chuvas ou prolongam/antecipam a estiagem.

Devido a sua posição geográfica, Juiz de Fora sofre a atuação de diversos sistemas atmosféricos (Massa Tropical Atlântica, Massa Polar Atlântica, Sistemas Frontais, Zona de Convergência do Atlântico Sul, Zona de Convergência de Umidade, Jatos de Baixos Níveis etc.), cada qual com suas características, abrangência e duração, os quais são responsáveis pelas suas características climáticas (CAVALCANTI et al., 2009).

Figura 1: Juiz de Fora/MG- Localização



Fonte: Oliveira et al. (2020).

Da mesma forma como os sistemas atmosféricos condicionam a climatologia local, é possível considerar que os modos de variabilidade (ENOS e ODP, por exemplo), igualmente, possam influenciar na dinâmica climática, sobre tudo das chuvas, sendo então, o interesse deste trabalho analisar essa influência (se verdadeira ou não) a partir da correlação entre os índices de anomalias de chuva e do ENOS e ODP.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, buscou-se o levantamento e a preparação dos dados pluviométricos (digitalização de informações em papel, verificação de sua consistência, adoção de técnica para preenchimento de falhas existentes etc. através da aplicação das técnicas de regressão linear simples e ponderação regional no software Excel), no acervo de informações contidas no Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA), do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora, obtendo-se assim, uma longa série temporal de dados mensais (1910-2017).

A etapa seguinte se deu mediante a aplicação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a série analisada. Para tanto, foram aplicadas as fórmulas indicadas a seguir:

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

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

Onde N refere-se à precipitação total (anual ou trimestral); \bar{N} é a média total (anual, trimestral ou mensal); \bar{M} média dos 10 maiores valores de precipitação e \bar{X} a média das 10 menores precipitações. Vale ressaltar que para o cálculo do IAC anual foram selecionados os 10 maiores/ menores valores de precipitação anual, para o IAC trimestral- os 10 maiores/ menores valores de precipitação trimestral e mensal- os 10 maiores/ menores valores de precipitação mensal.

A análise gráfica do IAC se deu a partir da metodologia adotada por Sanches (2016) que, utilizou os limiares das faixas do IAC, propostos por Araújo (2007), e suas respectivas classes de intensidade representadas na tabela 1.

Tabela 1: Classe de intensidade do índice de anomalias de chuva

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

Fonte: Adaptado de Araújo, *et al* (2007).

Após os cálculos do IAC anual, trimestral e mensal foram gerados os gráficos de representação no software Excel.

Em seguida foram utilizados dados de monitoramento do fenômeno ENOS, *Oceanic Niño Index* (ONI), obtidos a partir do site do *Climate Prediction Center* (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml) e gerados gráficos comparando-se o índice ONI com os dados obtidos a partir do IAC para a série de Juiz de Fora.

A análise dos anos (período) sob ação das fases positiva e negativa do ENOS, também, foi feita a partir das informações contidas no site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) por meio de seu website (<http://enos.cptec.inpe.br/>).

Para as análises decenais foram utilizados os dados referentes ao monitoramento da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), disponibilizado pelo *Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean* (JISAO), da Universidade de Washington (<http://research.jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>), como sugere Sanches (2015). Para verificação da correção entre os valores de ODP e dos índices obtidos a partir do IAC foram elaborados gráficos para leitura da distribuição das informações ao longo do tempo comprando os dois índices.

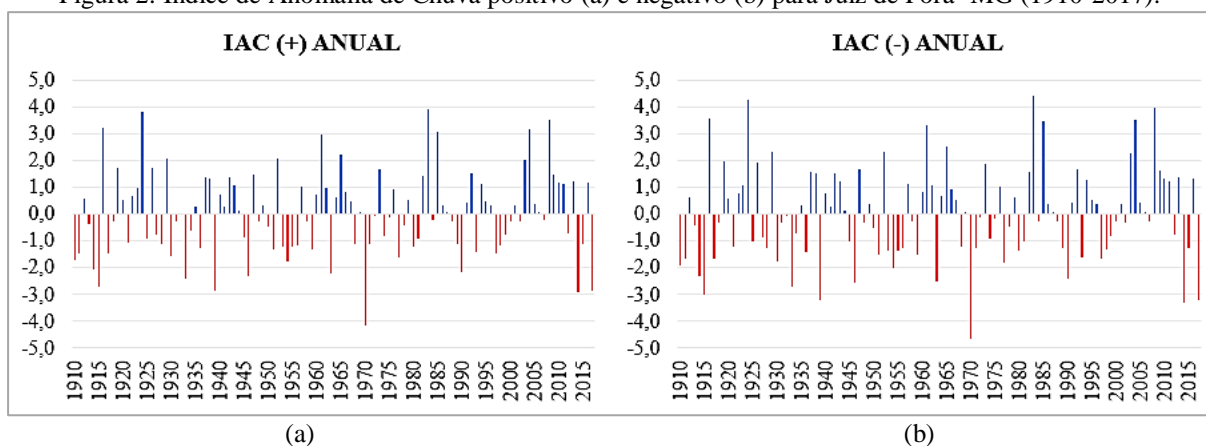
A partir dos materiais gráficos e das tabelas geradas foi possível examinar a possível correspondência entre os modos de variabilidade ENOS e ODP com as precipitações em Juiz de Fora utilizando como técnica de comparação o IAC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos dados anuais de precipitação

A aplicação do IAC (positivo e negativo) para a série anual de dados para Juiz de Fora (1910-2017) pode ser observada sob a forma gráfica na Figura 2.

Figura 2: Índice de Anomalia de Chuva positivo (a) e negativo (b) para Juiz de Fora- MG (1910-2017).



Fonte: organizado pelos autores

A partir dos gráficos do IAC (positivo e negativo) é possível identificar os anos que tiveram limiares classificatórios segundo Araújo et. al. (2007) (retornar tabela 1) de *extremamente úmido*, *muito úmido*, *extremamente seco* e *muito seco* com seus respectivos valores do IAC negativo (-) e positivo (+) Tabela 2. Destaca-se que o IAC (+) evidencia os

valores positivos enquanto que o IAC (-) evidencia os valores negativos. Apesar de ter por característica essa evidência, é possível observar pouca diferença entre os gráficos de IAC + e - (com variação de 0,3 entre os valores obtidos na aplicação do IAC + e -). No entanto, para os anos de 1924 e 1983 houve diferença maior entre ambas as aplicações (IAC + e IAC-) com diferença de 0,5 para ambos os anos.

Tabela 2: Classificação dos IAC positivo e negativo para a série histórica de Juiz de Fora (1910-2017) excluindo as classificações úmida e seca

ANO	IAC+	CLASSIFICAÇÃO	IAC-	CLASSIFICAÇÃO
1914	-2,1	Muito seco	-2,3	Muito seco
1915	-2,7	Muito seco	-3	Muito seco
1916	3,2	Muito úmido	3,6	Muito úmido
1924	3,8	Muito úmido	4,3	Extremamente úmido
1929	2,1	Muito úmido	2,3	Muito úmido
1933	-2,4	Muito seco	-2,7	Muito seco
1939	-2,9	Muito seco	-3,2	Muito seco
1946	-2,3	Muito seco	-2,6	Muito seco
1952	2,1	Muito úmido	2,3	Muito úmido
1961	3,0	Muito úmido	3,3	Muito úmido
1963	-2,2	Muito seco	-2,5	Muito seco
1965	2,2	Muito úmido	2,5	Muito úmido
1970	-4,2	Extremamente seco	-4,7	Extremamente seco
1983	3,9	Muito úmido	4,4	Extremamente úmido
1985	3,1	Muito úmido	3,5	Muito úmido
1990	-2,2	Muito seco	-2,4	Muito seco
2003	2,0	Úmido	2,2	Muito úmido
2004	3,1	Muito úmido	3,5	Muito úmido
2008	3,5	Muito úmido	3,9	Muito úmido
2014	-2,9	Muito seco	-3,3	Muito seco
2017	-2,9	Muito seco	-3,2	Muito seco

Fonte: Organizado pelos autores

Para a série histórica analisada, observaram-se apenas três anos com valores extremos sendo eles: 1924 (extremamente úmido para o IAC negativo com IAC- = 4,3), 1970 (extremamente seco para o IAC negativo (IAC- = -4,7) e extremamente seco para o IAC positivo (IAC + = -4,2)) e 1983 (extremamente úmido para o IAC negativo (IAC - = 4,4).

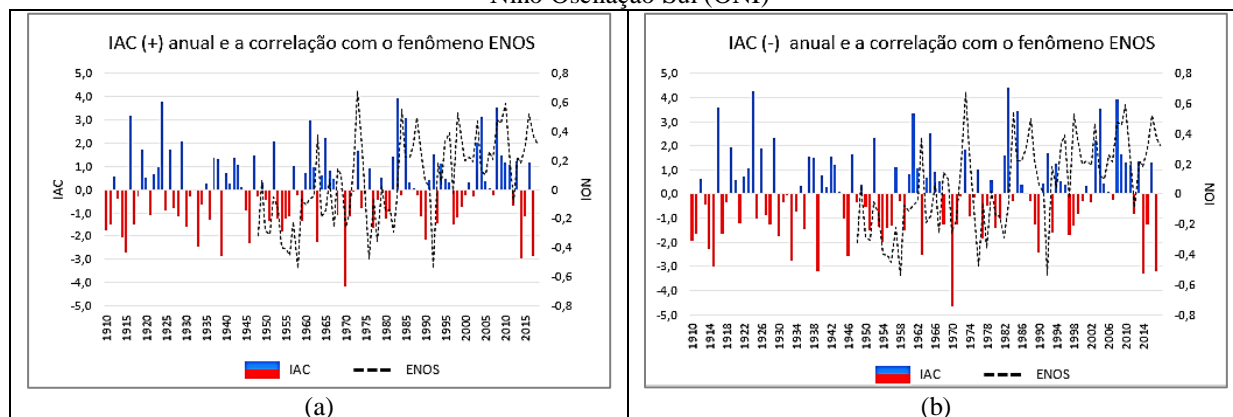
A partir de informações sobre a classificação anual do fenômeno ENOS, disponível no site do CPTEC/INPE, observa-se que o período de 1924/1925 foi considerado como La Niña Moderado, sendo verificado a partir do IAC que 1924 foi extremamente úmido (IAC negativo = 4,3). As informações do CPTEC/INPE ainda trazem os períodos 1969/1970 como de El

Niño Moderado e, 1970/1971 como de La Niña Fraco, não correspondendo com os dados obtidos para 1970 através do IAC onde IAC positivo = -4,2 (extremamente seco) e negativo = -4,7 (extremamente seco). Por fim, o mesmo site informa que o período de 1982/1983 foi classificado como El Niño Forte, tendo o IAC negativo = 4,4 para o ano de 1983 e, portanto, extremamente úmido.

Comparando-se as classificações extremas obtidas pelo IAC (extremamente seco e extremamente úmido) para os totais anuais, verifica-se que não há uma correspondência perfeita com as fases positiva (chuvosa) e negativa (seca) para o local de estudo, uma vez que, o ano de 1924 sob ocorrência da La Niña (o que poderia proporcionar eventos de seca) foi classificado como extremamente úmido a partir do IAC. Para o ano de 1970 quando houve atuação de El Niño moderado e La Niña fraca o ano foi classificado como extremamente seco. E para 1983 sob atuação de El Niño forte a classificação segundo o IAC foi extremamente úmido. Destaca-se que não foi possível verificar a correspondência perfeita, pois sob atuação de El Niño esperava-se a classificação do ano como e extremamente úmido e sob atuação de La Niña extremamente seco o que não foi verificado segundo a comparação dos IAC extremos com as fases positivas e negativas do ENOS.

Da mesma forma, ao se compararem os demais valores obtidos pelo IAC com o fenômeno ONI (figura 3) buscou-se encontrar correspondência entre os anos classificados pelos ENOS e o Índice de Anomalias de Chuva. É possível verificar, através dos gráficos dispostos na figura 3, que não há correspondência entre o ENOS e o IAC para série analisada. No entanto, é possível avaliar, para os anos de 1957, 1965 e 1983 uma possível correspondência, já que, para os referidos anos houve tanto aumento da temperatura do Pacífico quanto aumento das precipitações tendo suas classificações do IAC dispostas na Tabela 3.

Figura 3: Correlação entre o Índice de Anomalias de Chuva (IAC) positivo (a) e negativo (b) com o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ONI)



Fonte: organizado pelos autores

Tabela 3: Tabela de classificação de IAC para os anos que correspondem aumento na temperatura do Oceano Pacífico, assim como o aumento das chuvas.

ANO	IAC+	CLASSIFICAÇÃO	IAC-	CLASSIFICAÇÃO
1957	1,0	Úmido	1,1	Úmido
1965	2,2	Muito úmido	2,5	Muito úmido
1983	3,9	Muito úmido	4,4	Extremamente úmido

Fonte: Organizado pelos autores

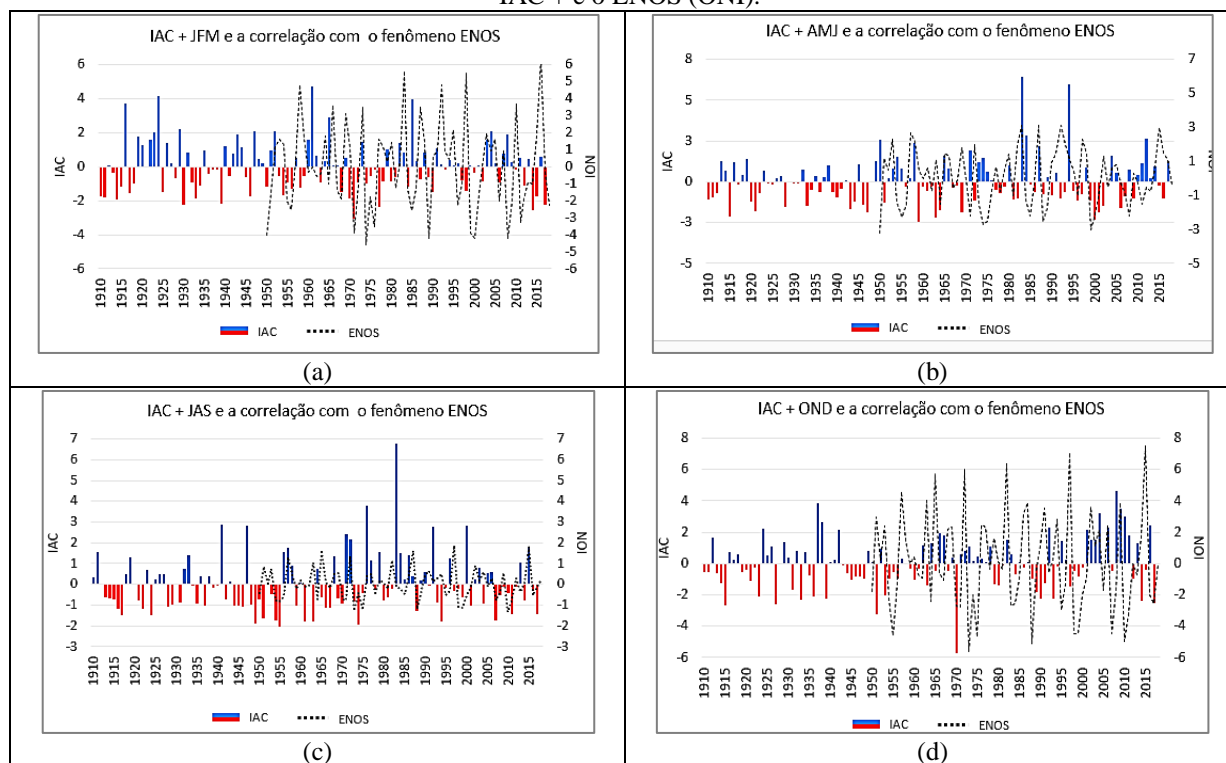
Para os anos de 1924, 1970 e 1983, os quais foram anos de IAC com classificação extrema (1924 - extremamente úmido; 1970 - extremamente seco; 1983 - extremamente úmido), os anos de 1970 e 1983 correspondem a atuação do El Niño sendo classificados em moderado e forte respectivamente de acordo com as informações do CPTEC/INPE (s/a). Assim, dos anos de extremos presentes na série analisada, dois deles são correspondentes em termos de ação do fenômeno, no entanto, nas análises gráficas de relação entre o IAC e o ENOS não se verifica tal correspondência.

Para avaliar, portanto, a correlação, foi aplicada a técnica de correlação de Pearson entre os dados do IAC e as médias de variação de temperatura do Pacífico, dando-nos valor de $R^2 = 0,0021$ para correlação entre o ENOS e o IAC positivo e negativo. Tendo em vista que quanto mais próximo à 1 for o valor de R^2 e, portanto, maior será a correlação, o R^2 obtido através da correlação entre os dados do IAC da Temperatura do Pacífico foi considerado como não havendo correlação.

Análise dos dados trimestrais de precipitação

A figura 4 apresenta os gráficos do IAC trimestral com sua relação com o ENOS a partir dos valores de ONI.

Figura 4: Gráficos trimestrais (jan/fev/mar), (abr/mai/jun), (jul/ago/set), (out/nov/dez) de relação entre o IAC + e o ENOS (ONI).



Fonte: Organizado pelos autores.

Da mesma forma como observado para os totais anuais, não se verifica uma forte correlação entre os valores gerados pelo IAC e ONI (Figura 4), o que sugere que não haja uma forte correlação entre a dinâmica de ambos.

Condições similares (de não correlação) foram encontradas no trabalho desenvolvido por Oliveira et al (2020) para Juiz de Fora, o qual utilizou-se de técnicas de box plot (quartis e percentis) na comparação dos mesmos dados pluviométricos observados com o ONI.

Análises mais profundas podem ser observadas a partir das informações da Tabela 4.

Tabela 4: Trimestre com valores de IAC (positivo e negativo) extremos.

TRIMESTRES	JFM		AMJ		JAS		OND	
	IAC+	IAC-	IAC+	IAC-	IAC+	IAC-	IAC+	IAC-
ANOS								
1916	3,7	5,1	1,2	1,9	-1,2	-2,0	0,7	0,7
1924	4,2	5,6	-0,1	-0,2	-1,5	-2,5	2,2	2,3
1937	-0,2	-0,2	0,3	0,4	-1,0	-1,8	3,9	4,1
1941	-0,5	-0,7	-0,4	-0,7	2,9	4,9	0,2	0,2
1947	2,1	2,8	-1,8	-2,8	2,8	4,8	-0,8	-0,9
1961	4,7	6,4	-0,6	-0,8	-1,8	-3,0	-0,3	-0,3
1970	-1,9	-2,5	-0,1	-0,1	-0,9	-1,6	-5,7	-6,1
1971	-3,1	-4,2	1,9	2,9	2,4	4,0	0,6	0,7

1976	-0,1	-0,2	0,1	0,1	3,8	6,3	0,3	0,3
1983	0,8	1,1	6,4	9,8	6,8	11,4	0,6	0,6
1984	-1,2	-1,6	2,8	4,3	1,5	2,5	-0,7	-0,8
1985	4,0	5,4	-0,2	-0,3	0,3	0,4	0,0	0,0
1992	0,1	0,2	-1,0	-1,6	2,8	4,7	2,3	2,4
1994	0,4	0,5	6,0	9,0	-1,8	-3,0	-0,2	-0,2
2000	-0,4	-0,5	-2,3	-3,5	2,8	4,7	-0,2	-0,2
2008	1,9	2,6	0,8	1,1	-0,5	-0,8	4,6	4,9
Classificação	Extremamente úmido	Muito úmido	Úmido	Seco	Muito seco	Extremamente seco		

Fonte: Organizado pelos autores

A partir das informações gráficas (Figura 4), foram selecionados os anos em que ao menos um dos trimestres tenha apresentado valor considerado extremo pelo IAC (úmidos e/ou secos).

Deve-se atentar para os dados do ano de 1983 (destaque na tabela 4) em que os trimestres de abril, maio e junho (AMJ) e julho, agosto e setembro (JAS), os quais correspondem aos meses da estação seca para Juiz de Fora, apresentam valores de IAC que indicam trimestres extremamente úmidos para o ano analisado. Essa condição representa uma característica fora da normalidade. Além disso, esse ano apresentou os maiores valores de IAC positivo e negativo para ambos os trimestres.

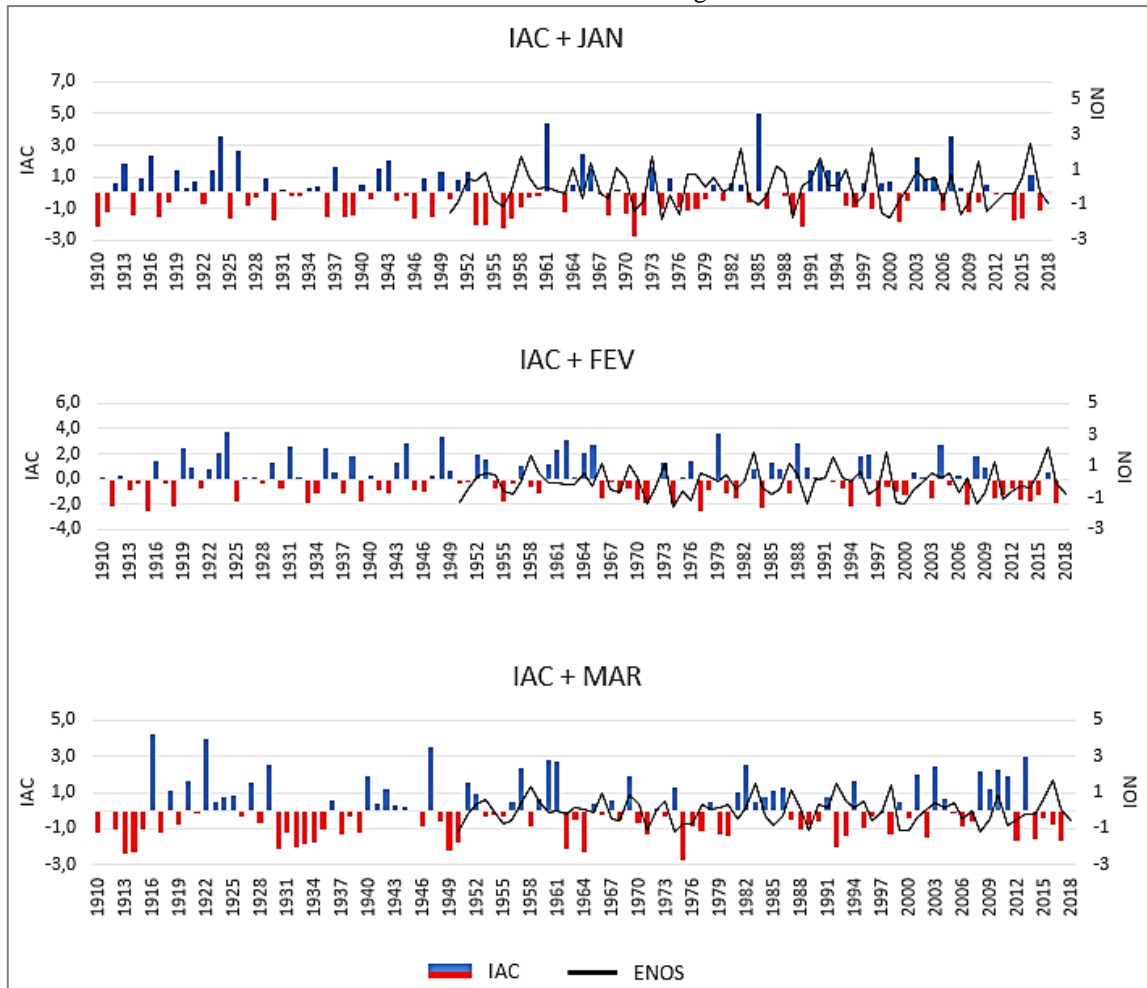
Ao comparar o gráfico de IAC com os dados do ONI na figura 4 (AMJ), observa-se que existe correlação entre a temperatura de superfície do Pacífico com o aumento das chuvas no trimestre referido. Já para o trimestre seguinte (JAS) que, apresenta os maiores valores de IAC, inclusive se comprado ao trimestre anterior, a correlação não é observada, verificando-se, ainda, uma queda nos valores de TSM (Pacífico).

No entanto, menção deve ser feita ao ano de 1970 em que os menores valores de IAC (indicando, portanto, extremos de seca) encontram-se no início da estação chuvosa que se compreende no trimestre OND seguido de um primeiro trimestre de 1971 com indicação no IAC negativo de extremamente seco. Tal correlação possui correspondência com as informações sobre a classificação do ENOS, dispostas no site do CPTEC/INPE e representam, ao menos, um indicativo de correlação entre o fenômeno e as chuvas trimestrais em Juiz de Fora.

Análise dos dados mensais de precipitação

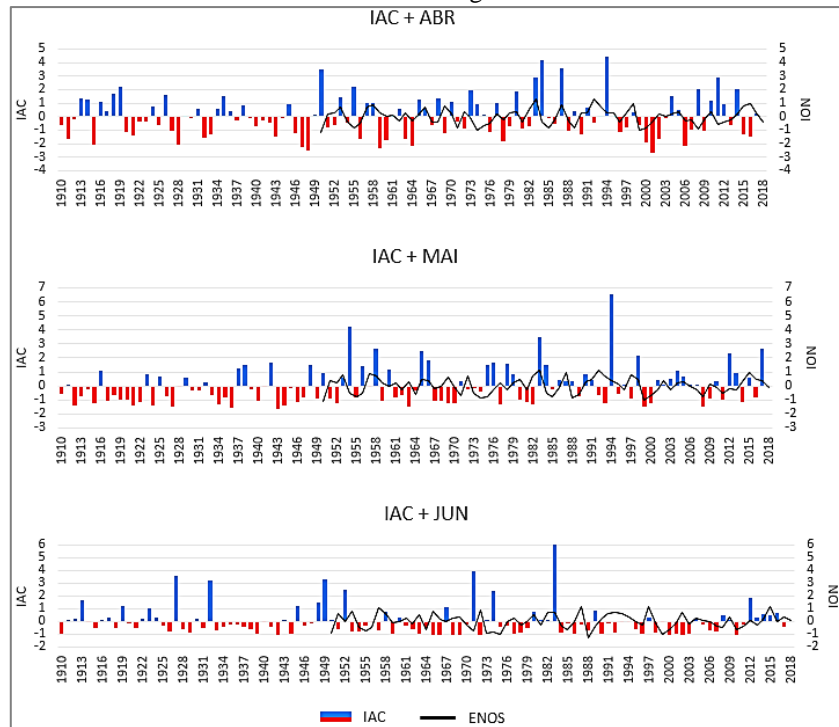
Para as análises mensais do IAC e a comparação com o fenômeno ENOS foram construídos os gráficos apresentados nas figuras de 5-8.

Figura 5: Gráfico do IAC (+) de Janeiro, Fevereiro e Março e o ENOS (ONI) onde as barras azuis e vermelhas correspondem aos valores do IAC encontrados e a linha preta contínua corresponde aos valores do ENOS como indicado na legenda



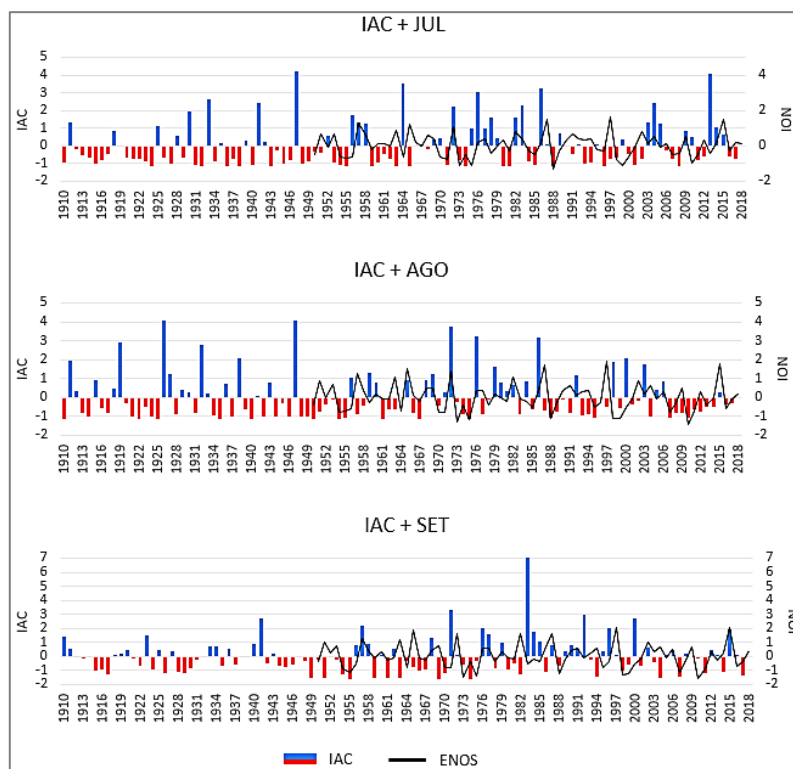
Fonte: organizado pelos autores

Figura 6: Gráfico do IAC (+) de Abril, Maio e Junho e o ENOS (ONI) onde as barras azuis e vermelhas correspondem aos valores do IAC encontrados e a linha preta contínua corresponde aos valores do ENOS como indicado na legenda



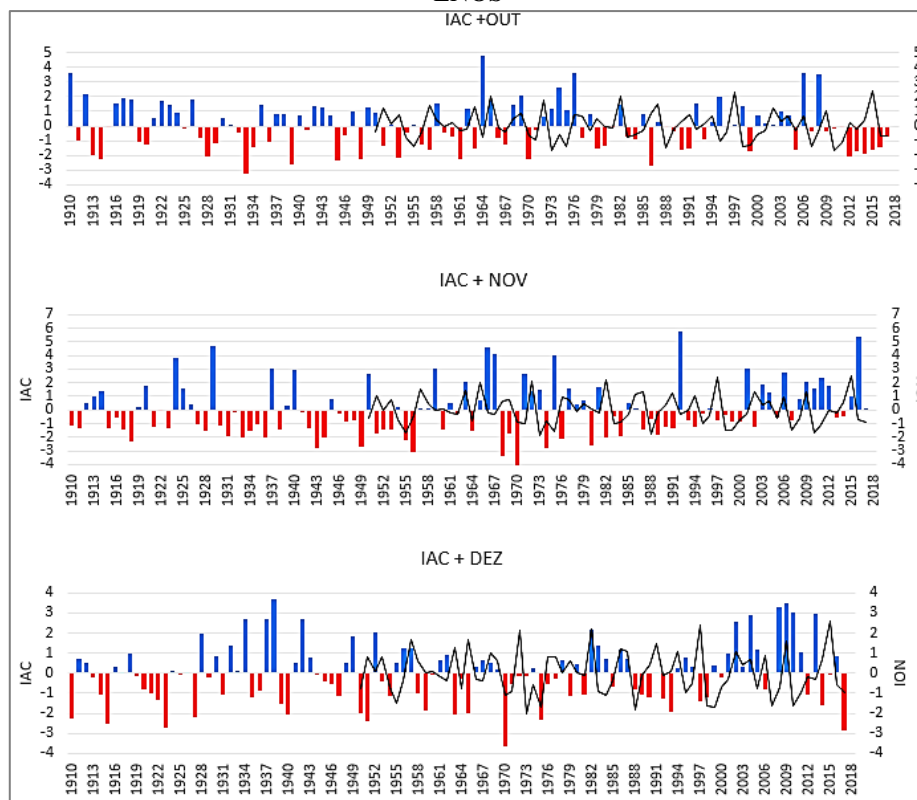
Fonte: organizado pelos autores

Figura 7: Gráfico do IAC (+) de Julho, Agosto e Setembro e o ENOS (ONI) onde as barras azuis e vermelhas correspondem aos valores do IAC encontrados e a linha preta contínua corresponde aos valores do ENOS como indicado na legenda



Fonte: organizado pelos autores

Figura 8: Gráfico do IAC (+) de Outubro, Novembro e Dezembro e o ENOS (ONI) onde as barras azuis e vermelhas correspondem aos valores do IAC encontrados e a linha preta contínua corresponde aos valores do ENOS



Fonte: organizado pelos autores

Para as verificações mensais, observou-se pouca correspondência em entre os IAC (extremos) com a variação de temperatura do Pacífico (ONI). As melhores correspondências que puderam ser verificadas entre as duas variáveis analisadas foram nos meses de janeiro de 1989; fevereiro de 1968 e 1974, março de 2011, abril de 1988 e 2009, julho de 1971, agosto de 1973, novembro de 1964 e 2010 e, dezembro de 2010.

A partir de um conjunto muito pequeno de correlações entre ambas as variáveis é possível considerar que o fenômeno ENOS pouco modula as chuvas mensais e Juiz de Fora.

Comparação do IAC com os modos ENOS (ONI) e ODP

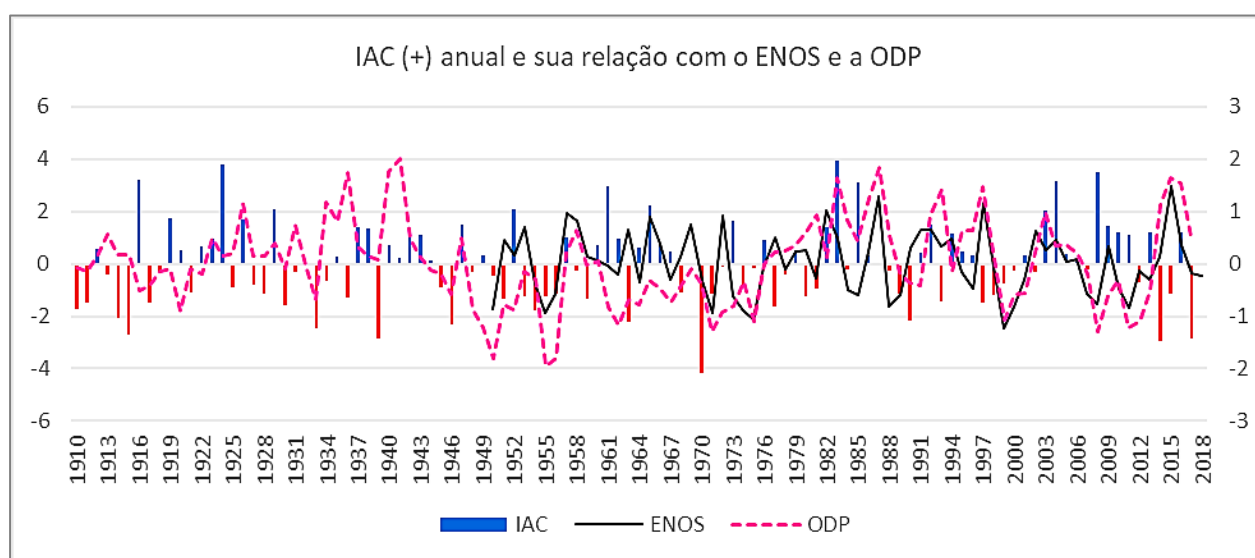
Mantua e Hare (2002) esclarecem que a ODP corresponde a variações cíclicas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico em intervalos de 50 a 60 anos, manifestadas em duas fases distintas: a fase fria (quente) caracteriza-se pelas anomalias negativas (positivas) de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas (negativas) no Pacífico Extratropical em ambos os hemisférios. Dessa forma, analisando dados TSM, os autores observaram uma fase

quente no período de 1925-1946, seguida de uma fase fria no período de 1947-1976 e outra fase quente entre 1977-1998.

Molion (2008) destaca que uma nova fase negativa da ODP, que tenha se iniciado em 1999, deva perdurar por volta do seu ciclo médio (25 anos), ou seja, até, aproximadamente, o ano de 2023. O autor ainda observa que durante as fases quentes (frias) da ODP houve o predomínio de eventos El Niño (La Niña).

A partir dessa abordagem, procurou-se analisar a relação entre os valores obtidos pelo IAC, simultaneamente, ao ENOS e ODP (Figura 9).

Figura 9: Gráfico de relação entre o IAC (+) anual e sua relação com o ENOS e a ODP onde as barras azuis e vermelhas correspondem aos valores do IAC encontrados e a linha preta contínua corresponde aos valores do ENOS e a linha tracejada rosa corresponde aos valores da ODP como indicado na legenda



Fonte: Organizado pelos autores

A análise do gráfico permite visualizar uma boa correlação entre os dados do ENOS (ONI), uma vez que o modo ENOS de variabilidade possui relação com o modo ODP conforme destacam Streck et al. (2009) e Molion (2017). Apesar da correlação entre os fenômenos ENOS e ODP, não foi verificado, ao longo das análises dos dados e, já destacado nas sessões anteriores, a correlação desses fenômenos (ENOS e/ou ODP) com as anomalias de chuva para Juiz de Fora a partir do IAC.

No entanto, assim como os dados referentes ao ENOS não apresentaram boa correspondência com os valores IAC para Juiz de Fora, os dados da ODP parecem não corresponder à dinâmica dos dados IAC ao longo do século XX, em suas fases quentes (1925-1946 e 1977-1998) e frias (1947-1977 e a partir de 1999).

Dessa forma, assim como pode ser demonstrado em relação ao fenômeno ENOS, é possível considerar que a ODP, também, não modulou os longos ciclos decenais de precipitações em suas fases quente e fria ao longo da série analisada, corroborando com os resultados observados no trabalho de Oliveira et al. (2020).

Os resultados observados neste trabalho permitem dissociar os anos mais chuvosos e os mais secos dos modos clássicos de variabilidade destacados na literatura (ENOS e ODP) em suas respectivas fases (positiva/negativa).

Questiona-se assim, a ideia generalizada de que em anos/períodos sob ação da fase positiva (negativa) do ENOS, por exemplo, haveria (houve) aumento (diminuição) das chuvas em Juiz de Fora. Fato similar foi observado no trabalho de Emiliano et al. (2018) para parte da região do Triângulo Mineiro.

O especula-se, sobretudo para os trabalhos futuros, que outros módulos de variabilidade, como por exemplo o Modo do Atlântico Sul, apresente melhor correspondência com a climatologia das chuvas para Juiz de Fora e Zona da Mata Mineira.

CONCLUSÕES

Tendo em vista a ampla literatura que trata do uso do IAC como uma importante ferramenta de avaliação do fenômeno ENOS em diversas localidades, é possível considerar tal técnica como eficiente na identificação de tal fenômeno de variabilidade.

A comparação dos dados do IAC para Juiz de Fora com os dados ONI revelou boa correspondência apenas em alguns anos onde o IAC foi classificado como condições extremas (seca e chuva), demonstrando sua influência em eventos ENOS de maior magnitude apenas.

Nas análises comparativas entre ENOS, ODP e IAC verificou-se boa relação entre ENOS e ODP. No entanto, nas comparações com os resultados do IAC, não foi possível verificar a correspondência com ambos os fenômenos. Tal constatação corrobora com os resultados observados no trabalho de Oliveira et al. (2020).

Nas análises do IAC a quantidade de anos entre muito seco e extremante seco, muito úmido e extremamente úmido mantiveram-se iguais (20 anos muito secos e extremamente secos e 20 anos muito úmidos e extremamente úmidos).

Dessa forma, tendo em vista que os principais modos de variabilidade do Oceano Pacífico (ENOS e ODP), em suas respectivas escalas temporais não modulam (ou pouco modulam) as chuvas em Juiz de Fora, cabe buscar a identificação de outros mecanismos (ou modos) de variabilidade, que possam ser responsáveis por influenciar nas precipitações locais.

Assim, de posse de tais informações, evidencia-se ser possível contribuir para que os poderes público e privado tenham condições técnicas para tomarem decisões que envolvam o bem-estar social, políticas associadas aos recursos hídricos (abastecimento, por exemplo), planejamento agrícola, ciclos de culturas etc., bem como os próprios prejuízos decorrentes dos efeitos de chuvas intensas ou escassas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa da UFJF e ao CNPq pela concessão das bolsas de Mestrado e de Iniciação Científica (PIBIC) aos autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. Cotia- SP: Ateliê Editorial, 2007.

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**, Manhuaçu, v. 14, n. 1, p. 37-47, janeiro-junho, 2016.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUZA, F.A.S.; Análise climática da bacia do rio Paraíba - índice de anomalia de chuva (IAC). **Revista De Engenharia Ambiental Pesquisa e Tecnologia**, vol.6, n.3, 2009a.

ARAÚJO, L.E.; MORAES NETO, J.M.; SOUSA, F.A.S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índices de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Ambiente & Água – an Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.4, n.3, 2009b.

ARAÚJO, L.E.; SILVA, D.F.; MORAES NETO, J.M.; SOUSA, F.A.S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia (UFPE)**, v.24, n.1, jan/abr. 2007.

AZEVEDO, P.V.; SILVA, V.P.R. Índice de seca para a microrregião do agreste da Borborema, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 9(1): 66-72, 1994.

CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DA SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CERA, J.C.; FERRAZ, S.E.T.; BENDER, F.D. Influência da Oscilação Decadal do Pacífico e as mudanças no regime de chuva do Rio Grande do Sul, **Ciência e Natura**, ed. especial – Micrometeorologia, 2009, pp. 317-320.

CERQUEIRA, K. F.; SANTOS, F.M.; AQUINO, C. M. S. Análise das precipitações em trecho do médio curso da bacia hidrográfica do rio Poti (Piauí), a partir do índice de anomalia de chuva (IAC). **Revista Raega**, Curitiba, v.45, n.1. p. 110-122, dez/2018.

CHECHI, L.; SANCHES, F.O. O Uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação do Fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1585-1597, 2013.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, 2005.

COSTA, J. A.; SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalias de chuva para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física** V. 10 N. 04, 2017. 1002-1013.

EMILIANO, V.M.; SANCHES, F.; FERREIRA, R.V. Ensaio utilizando as técnicas do IAC e dos “anos-padrão” para classificação dos totais pluviométricos anuais em Uberaba (MG). Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 13., 2018, Juiz de Fora. **Anais ...Juiz de Fora**: 2018, p.1479-1488.

EWALD, K.H. Alterações do volume de precipitação no município de Marechal Cândido Rondon no período de 1965 a 2008. XVI Encontro Nacional de Geógrafos. **Anais...** Porto Alegre: 2010.

FERREIRA, C.C.M. Estudo do comportamento do período chuvoso em Juiz de Fora-MG. **Revista Geonorte**. UFAM, v.1, n.5, 2012, p. 953-963.

GONÇALVES, F.N.; BACK, A.J. Análise do índice de anomalia de chuva (IAC) para o município de Palmitos, no extremo oeste do estado de Santa Catarina. In: LADWIG, N.I.; SCHWALM, H. (Org.). **Planejamento e gestão territorial: gestão integrada do território**. Criciúma: UNESC, 2017. p.252-260.

GRIMM, A.M.; FERRAZ, S.E.T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.11. November, 1998. p. 2863-2880

GRIMM, A.M.; BARROS, V.R.; DOYLE, M.E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**. v.13. January, 2000.p.35-58

GRIMM, A.M. TEDESCHI, R.G. Influência de eventos El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais...** Fortaleza, 2004.

GROSS, J.A.; CASSOL, R. Ocorrências de Índices de Anomalia de Chuva negativos no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Geográfica Acadêmica**, Goiana Vol. 9, ed. 2, 2015. p.21-33.

MANIÇOBA, R.M.; SOBRINHO, J. E.; GUIMARÃES, I. 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, 2017. p.1110-1119

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

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V.; A influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, p.429-440, 2013.

MARCUZZO, F. F. N. GOULARTE, E. R. P. Índice de Anomalia de Chuvas no Estado do Tocantins. **Geoambiente** on-line Revista Eletrônica do curso de Geografia- Campus Jataí- UFG Graduação e Pós Graduação em Geografia; jul-dez/2012. p.55-71.

MATUA, N.J.; HARE, S.R.; The Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Oceanography**, vol. 58, pp. 35 - 44, 2002.

MINUZZI, R.B.; SEDIYAMA, G.C.; COSTA, J.M.N.; VIANELLO, R.L. Influência do fenômeno climático El Niño no período chuvoso da Região Sudeste do Brasil. **Geografia**, v. 15, n. 2, jul./dez. 2006. p. 5-19.

MOLION, L.C.B.; Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13- vol.21- jul-dez/2017. p.1-4.

MOLION, L.C.B. Aquecimento Global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**. Agosto, 2008. p.7-24.

MONTEIRO, C.A.F. **Análise Rítmica em Climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: IGEOG/USP, 1971.

NERY, J. T.; SIQUEIRA, B. Índice de anomalia de chuva aplicado ao estudo das precipitações no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 16- vol.27 jul/dez 2020. p.772-788.

NORONHA, G. C.; HORA, A. G. M.; SILVA, L. P. Análise do Índice de Anomalias de Chuva para a Microbacia de Santa Maria/ Cambiocó, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 74-81, 2016

OLIVEIRA, D. E.; ELY, D.F. Temperatura da Superfície do Mar e variabilidade climática: Influência do Atlântico na distribuição espaço temporal das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Preto- MG/RJ. XIII Encontro Nacional de Pós Graduação em Geografia (ENANPEGE), **Anais...** Setembro de 2019, São Paulo

OLIVEIRA, N.L.; MARCUZZO, F.F.N.; BARROS, R.G.; Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado de Mato Grosso. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.37, n.4, set-dez, 2015, p. 284-297.

OLIVEIRA, G.S. **El Niño/ La Niña**. Tópicos em Meio Ambiente e Ciências Atmosféricas. Ministério da Ciência e da Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos: INPE, 2005.

OLIVEIRA, T.A.; TAVARES, C.M.G.; SANCHES, F.; FERREIRA, C.C.M. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora-MG no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.26, 2020. p.457-478

RODRIGUES, A. C. F.; RODRIGUES, E. S.; SILVA, C. W. G.; GALVÃO, S. R. S. Classificação da precipitação pluviométrica anual para o município de Parnamirim- PE utilizando Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 7, n. 3, p. 275-284, 2019

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 (UFU)**, v. 15, p. 73-84, 2014.

SANCHES, F.O Geógrafo-climatologista e as mudanças climáticas: uma proposta metodológica. **Revista Equador (UFPI)**, v. 4, n.3, p.101-118, 2015.

SILVA, A.R.; SANTOS, T.S.; QUEIROZ, D. E.; GUSMÃO, M. O.; SILVA, T. G. F. Variações no índice de anomalias de chuva no semiárido. **Journal of Environmental Analysis and Progress** V. 02 N. 04, 2017. p.377-384

SILVA, D.F.; SOUSA, F.A.S.; KAYANO, M.T. Uso e IAC e ondeletas para análise da influência das multi-escalas temporais na precipitação da bacia do rio Mundaú. **Revista de Engenharia Ambiental**, v.6, n.1, p.180-195, 2009.

SILVA, D.F.; SOUZA, A. B.; MAIA, L. M.; RUFINO, L. L.; Efeito da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o estado do Ceará. **Revista de Geografia (UFPE)** v.29, n.2, 2012. P.114- 135.

SILVA, F. F.; SANTOS, F. A.; SANTOS, J.M. Índice de anomalias de chuva (IAC) aplicado ao estudo das precipitações no município de Caridade, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 16 –Vol. 27–JUL/DEZ 2020. p. 426-442.

SILVA, M. E. S.; SILVA, C.B. Variabilidade Climática- processos físicos e dinâmicos nos oceanos e atmosfera. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume Especial 30 anos (2012), p. 372-406.

SILVA JUNIOR, J.L.C.; SILVA, R.A.; MACIEL, G.F.; SILVA, G.F.G.; SANTOS, J.C. Avaliação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) como indicador climático de variabilidade pluviométrica na microrregião de Gurupi- TO. In: IV Simpósio Internacional de Climatologia. **Anais...** João Pessoa, 2011.

SOUZA, A. L. N. C.; OLIVEIRA, A. P.; PINTO, P. D.; MELLO, A. H.; ARAÚJO, J.A. Análise do índice de anomalia de chuvas no município de Tucuruí- PA. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer- Goiânia, v.17, n.32; p.60-71, 2020.

STRECK, N. A.; BURIOLI, G. A.; HELDWEIN, A. B.; GABRIEL, L. F.; PAULA, G. M.; Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.12, p.1553-1561, dez. 2009

VEIGA, J.A.P.; MARENGO, J. A.; RAO, A.B.; A influência das anomalias de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico sobre as chuvas de monção da América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia- SBMET**. Vol.17, n.2. Dezembro/2002 pag. 1020-1028.