Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
UFGD Editora

A INFLUÊNCIA DO FENÔMENO EL NINÕ-OSCILAÇÃO SUL (ENOS) NO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVAS DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA (MG)

The influence of the El Niño-Southern Oscilation phenomenon (ENSO) on the rainfall anomaly index in the municipality of Viçosa (MG)

La influencia del fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS) en el índice de anomalía de las precipitaciones en el municipio de Viçosa (MG)

Givanildo de Gois
Pesquisador de Pós-Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Acre (UFAC), Campus Floresta em Cruzeiro do Sul
givanildo.gois@ufac.br

Sonaira Souza da Silva
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Acre (UFAC), Campus Floresta em Cruzeiro do Sul
sonairasilva@ufac.br

Paulo Miguel de Bodas Terassi
Pesquisador de Pós-Doutorado do Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo (USP)
pmbterassi@gmail.com

João Paulo Assis Gobo
Departamento de Geografia, Universidade Federal de Rondônia (UNIR)
joao.gobo@unir.br

Bruno Serafini Sobral
Instituto de Terras e Cartografia do Estado do Rio de Janeiro (ITERJ)
brunossobral@gmail.com

Djailson Silva da Costa Júnior
Instituto Nacional do Semiárido (INSA)
djailson_junior@hotmail.com

Welington Kiffer de Freitas
Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense (UFF)
wkiffer@id.uff.br

Geraldo de Carvalho Neto
Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade Federal Fluminense (UFF), Campus Volta Redonda
gcn.resende@gmail.com

Bruce Kelly da Nobrega Silva
Instituto Nacional do Semiárido (INSA)
brucekellys@gmail.com

Resumo: O objetivo desta pesquisa é analisar as anomalias de chuva a partir do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e sua relação ao fenômeno El Niño Oscilação-Sul (ENOS), no Município de Viçosa-MG, através de dados pluviométricos do período de 1925 a 2018. A estatística descritiva revelou que a estação seca ocorre no inverno (abril a setembro) e chuvosa no verão (outubro a março), sendo os meses mais secos junho, julho e agosto. A aplicação do IAC com base na Chuva Média Acumulada Anual > 1261,19 mm.ano^{-1}, mostrou que os valores positivos do IAC apresentam uma forte correspondência com os anos da fase positiva do ENOS, em que 60,87% dos anos apresentaram Umidade Baixa, 13,04% Umidade Moderada, 17,39% Umidade Alta e apenas 8,70% Umidade Extremamente Alta. Para a classificação seca 76,92% dos anos considerados como sendo de Seca Moderada, e as demais classificações como Seca Suave 7,69%, Alta e Extremamente Alta. O desempenho dos modelos revelou uma péssima precisão, com baixos coeficientes (R2), correlação (r), índices de concordância (d) e confiança (c). Os menores Erro Padrão da Estimativa (EPE) foram observados (IAC vs El Niño e IAC vs La Niña), enquanto que o maior ocorreu (IAC vs ENOS). O teste *t de Student* revelou que não há diferença entre as médias (IAC vs El Niño). Enquanto, as demais interações apontam para a existência de diferença entre as médias (IAC vs La Niña e IAC vs ENOS), com valores do teste *t de Student* variando entre 2,21 a 0,94.

Palav ras-chave: Chuva. Estatística. ENOS. Índice. Anomalias positiva e negativa.

Abstract: The objective of this research is to analyze the rainfall anomalies from the Rainfall Anomaly Index (IAC) in relation to the phenomenon El Niño-Southern Oscillation (ENSO), in the municipality of Viçosa-MG, through data from automatic and conventional stations for 1925 to 2018. Descriptive statistics revealed that the dry season occurs in winter (April to September) and the rainy season in summer (October to March), with the driest months being June, July and August. The application of the IAC based on the Average Accumulated Annual Rainfall > 1261.19 mm.year-1, showed that the positive values of the IAC present a strong correspondence with the years of the positive phase of the ENSO, in which 60.87% of the years presented Low Humidity, 13.04% Moderate Humidity, 17.39% High Humidity and only 8.70% Extremely High Humidity. For the dry classification, 76.92% of the years were considered as Moderate Drought, and the other classifications as Mild Drought 7.69%, High and Extremely High. The performance of the models revealed poor precision, with low coefficients (R^2), correlation (r), concordance (d) and confidence (c). The smallest Standard Error of

Estimation (EPE) were observed (IAC vs El Niño and IAC vs La Niña), while the largest was observed (IAC vs ENOS). *Student's t* test revealed that there is no difference between means (IAC vs El Niño). While, the other interactions point to the existence of difference between means (ACI vs La Niña and ACI vs ENOS), with *Student's t* test values ranging from 2.21 to 0.94.
Keywords: Rainfall. Statistic. ENSO. Index. Positive and Negative Anomalies.

Resumen: El objetivo de esta investigación es analizar las anomalías de lluvia a partir del Índice de Anomalía de la Lluvia (IAC) en relación al fenómeno El Niño Oscilación-Sur (ENOS), en el Municipio de Viçosa-MG, por medio de datos pluviométricos del período de 1925 a 2018. La estadística descriptiva reveló que la estación seca ocurre en invierno (abril a septiembre) y la estación lluviosa en verano (octubre a marzo), siendo los meses más secos junio, julio y agosto. La aplicación del IAC con base en la Lluvia Media Acumulada Anual > 1261,19 mm.año-1, mostró que los valores positivos del IAC presentan una fuerte correspondencia con los años de la fase positiva del ENOS, en que 60,87% de los años presentan Humedad Baja, 13,04% Humedad Moderada, 17,39% Humedad Alta y solo 8,70% Humedad Extremadamente Alta. Para la clasificación seca el 76,92% de los años fueron considerados como Sequía Moderada, y las demás clasificaciones como Sequía Leve 7,69%, Alta y Extremadamente Alta. El desempeño de los modelos reveló pobre precisión, con bajos coeficientes (R^2), correlación (r), índices concordancia (d) y confianza (c). Los menores Errores Patrón de Estimación (EPE) fueron observados (IAC vs El Niño y IAC vs La Niña), mientras que los más grandes ocurrió (IAC vs ENOS). La prueba *t de Student* reveló que no hay diferencia entre las medias (IAC vs El Niño). Mientras, las demás interacciones apuntan a la existencia de diferencia entre medias (ACI vs La Niña y ACI vs ENOS), con valores de la prueba *t de Student* variando entre 2,21 a 0,94.Palabras clave: Lluvia. Estadística. ENOS. Índice. Anomalías positivas y negativas.

Submetido em: 30/01/2023
Aceito para publicação em: 02/09/2023
Publicado em: 15/09/2023

1. INTRODUÇÃO

Entre as variáveis meteorológicas, a chuva é considerada uma das mais importantes na manutenção das atividades agrícolas, ambientais, geração de energia e no ciclo hidrológico (PEREIRA *et al.*, 2013), principalmente nas regiões tropicais, onde sua distribuição depende de fatores como a localização geográfica, altitude, distância das fontes de umidade, no qual o regime das chuvas é fortemente caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade da temperatura e dos ventos (SANTANA *et al.*, 2007).

Todavia, segundo (PEREIRA *et al.*, 2018), as atividades antrópicas contribuem maciçamente para as mudanças no regime pluviométrico de uma região, dentre elas podem-se citar o desmatamento, a urbanização desenfreada e a emissão de gases poluentes para a atmosfera, além da intensificação da atividade solar e fenômenos naturais como o El Niño e La Niña (MARENGO, 2010). Desta forma, a análise espacial da precipitação permite observar a mudança na variabilidade pluvial e determinar em quais regiões uma determinada variável tem sofrido mudanças significativas (MORAES; NERY, 2014).

Dentre os fatores citados acima, destaca-se o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) constituído de duas componentes, a oceânica e a atmosférica. A componente oceânica é caracterizada por anomalias da temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial junto à costa oeste da América do Sul e na região da Austrália (KAYANO *et al.*, 2016), sendo atualmente monitorada por meio da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). A componente atmosférica, também conhecida como Oscilação Sul (OS), expressa a correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste do Oceano Pacífico, quando a pressão é alta a leste usualmente é baixa a oeste e vice e versa. O Índice de Oscilação Sul (IOS) é utilizado no monitoramento da componente atmosférica e é caracterizado por anomalias de pressão atmosférica na região de Darwin, norte da Austrália e do Taiti, na Polinésia Francesa (GLANTZ, 2001; BERLATO; FONTANA, 2003; CAI *et al.*, 2020).

Consequentemente, as alterações na dinâmica climática, como intensidade dos ventos alísios, precipitação, secas, cheias e frentes frias que atingem o centro-sul do Brasil, o Nordeste, e a região Norte do país, representam o cenário que as fases opostas do ENOS podem promover (MARCUZZO; ROMERO, 2013). Todavia, inúmeros trabalhos desenvolvidos (KOUSKY; KAYANO, 1994; PISCIOTTANO *et al.* 1994; GRIMM *et al.* (1998); ZHOU; LAO (1998); GRIMM *et al.* (2000);

SILVA; AMBRIZZI, 2006; SILVA *et al.* (2009), SILVA; AMBRIZZI (2010); SILVA *et al.* (2011); CHECHI; SANCHES, 2013; VIEGAS *et al.* (2019); LAUREANTI; GRIMM (2019); SOUSA *et al.,* 2021) mostram que em vários países, como no sudeste da América do Sul, que compõem o Brasil, Nordeste da Argentina, Uruguai e Sul do Paraguai, o fenômeno ENOS apresenta forte interação, especialmente em relação à chuva que ocorre nestas regiões, onde registra-se oscilações substancias regionalmente no regime pluviométrico de chuvas e temperatura do ar, devido às mudanças climáticas e variabilidade climática natural levam a aumento significativo de eventos extremos de secas (escassez), chuvosos (enchente) e incêndios florestais nos estados que compõem a Amazônia Legal e região Nordeste do Brasil, e em vários países do mundo (ALEXANDER *et al.*, 2002; MARENGO, 2010; VIEGAS *et al.*, 2019).

De acordo com Costa *et al.* (2015), os eventos extremos nas últimas décadas veem colocam em alerta os órgãos governamentais responsáveis pelo monitoramento de desastre naturais causados por fenômenos naturais para a necessidade de um melhor conhecimento e interpretação das escalas da variabilidade pluviométricas, que podem ser realizadas, por meio da aplicação de índices de anomalia de chuva (ALVES *et al.*, 2016).

A caracterização da variabilidade espaço-temporal da chuva em uma região pode ser obtida pelo Índice de Anomalia de Chuva (IAC), que permite a realização de comparações do regime pluviométrico de uma determinada localidade a partir de uma série histórica de dados pluviométricos (MARCUZZO *et al.*, 2011; SANCHES *et al.*, 2014). Assim, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos levando-se em conta o IAC e sua relação com o fenômeno ENOS (CHECHI; SANCHES, 2013; MORAES; NERY, 2014; GROSS; CASSOL, 2015; COSTA; SILVA, 2017; MANIÇOBA *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2020).

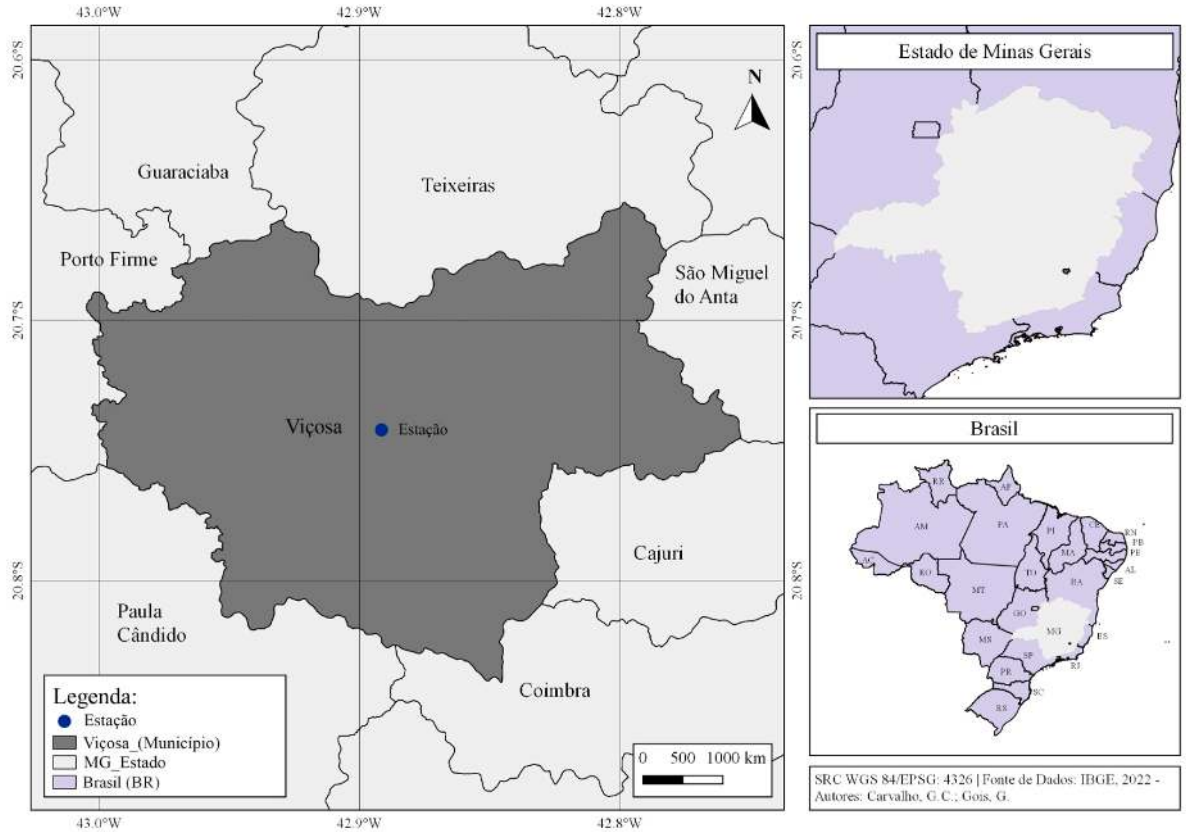
Deste modo, o presente estudo tem por objetivo fazer uma análise descritiva e exploratória dos dados de chuva do município de Viçosa (MG); verificar a variabilidade mensal e anual das chuvas; calcular o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para o período de 1925 a 2018, e comparar os eventos de El Niño e La Niña em Viçosa (MG) com as anomalias positivas e negativas de chuva, e por fim, avaliar o desempenho dos modelos de regressão linear das interações entre o IAC e as fases opostas do ENOS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e caracterização

O município de Viçosa (MG) situa-se na região Sudeste do Brasil, região de Mata Atlântica, conhecida como Zona da Mata Mineira, entre as Serras da Mantiqueira, do Caparaó e da Piedade, o município caracteriza-se por estar no meio de um vale montanhoso com relevo predominantemente acidentado, com uma altitude média de 649 m, nas coordenadas de 20°45´14´´S e 42°52´54´´W. Limita-se ao Norte com os Municípios de Teixeiras e Guaraciaba, ao Sul com Paula Cândido e Coimbra, a Leste com Cajuri e São Miguel do Anta, e a Oeste com Porto Firme (Figura 1). A população atual é estimada em torno de 79.910 habitantes, em uma área de 299,4 km^2, com densidade demográfica de 241,2 hab/Km^2 (IBGE, 2022). Aproximadamente 90,0% da população se encontra residindo na área urbana, que compõem 25% da área do município (FIALHO, 2022).

Figura 1 - Localização do estado de Minas Gerais e da estação pluviométrica do município de Viçosa, região da Zona da Mata Mineira – Minas Gerais, Brasil.



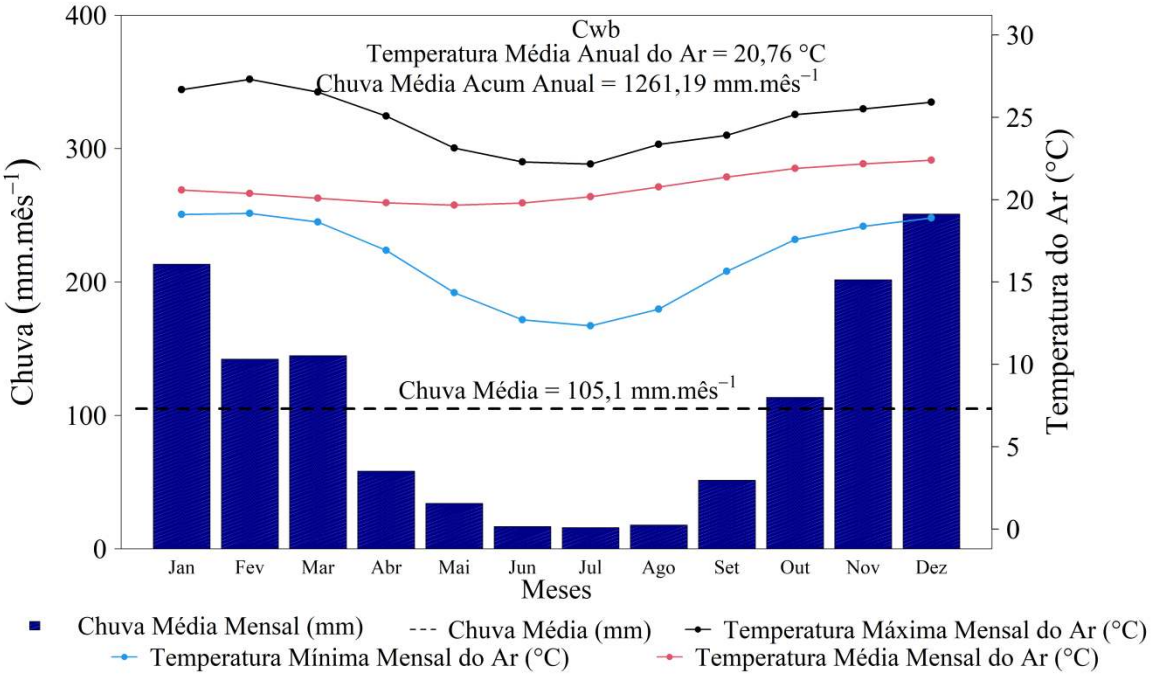
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

De acordo com Novais (2017), no Brasil ocorrem três climas zonais. Dentre eles, destaca-se o clima zonal moderado, que avança desde a região Sul até as áreas serranas da Mantiqueira e Espinhaço em Minas Gerais, onde as temperaturas médias do mês mais frio ficam abaixo de 15°C, provocadas pelas altitudes topográficas acima de 2000 m.

Para Novais (2023), a grande extensão territorial do Brasil e uma série de fatores que interagem com a sua topografia, faz com que o estado de Minas Gerais apresente uma climatologia bastante complexa. A parte oriental do estado de Minas Gerais, excluída as regiões de maiores altitudes, a sucessão de tempos no ano apresenta temperaturas mais regulares. No sentido contrário, quanto mais se caminha para oeste, a continentalidade começa a fazer sentir seus efeitos, que contribuem com o aumento dos contrastes térmicos e pluviométricos entre o verão e o inverno.

Sendo assim, Viçosa (MG) apresenta chuvas na estação de verão (outubro a março) entre 1087,91 mm e 4133,10 mm e temperaturas médias anual de 20,76 °C e média mínima e máxima entre 19,17 °C e 26,64 °C, e na estação do inverno (abril a setembro) chuvas entre 382,78 mm e 838,66 mm, e temperatura entre 12,80 °C e 22,61 °C. Os maiores registros pluviométricos ocorrem no verão, com médias superiores a 250 mm (dezembro e janeiro), e a estação seca com significativa redução das chuvas nos meses de abril a setembro, nos quais as médias são inferiores a 32 mm (Figura 2).

Figura 2 - Climograma e classificação climática do município de Viçosa (MG), Brasil, de acordo com dados obtidos no INMET.



Fonte: INMET e Organizada pelos autores (2023).

2.2. Preenchimento de falhas e método de imputação

Os dados pluviométricos utilizados neste estudo foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), oriundos de estações automáticas (EA) e convencionais (EC) situada a uma altitude de 697,64 m e latitude 20,76°S e longitude 42,86°W, localizadas na área de estudo, para o período de janeiro de 1925 a dezembro de 2018 (Figura 1).

A contabilização do percentual (%) de dados ausentes foi realizada via aplicação da função “mstats” do pacote “mtsdi”, e o posterior preenchimento das respectivas falhas por meio da técnica de imputação múltipla (Percentual ≥ 0,15), segundo a metodologia de Harrel (2001), sendo o método de "spline” adotado via pacote “mtsdi” através da plataforma estatística R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2022). Maiores detalhes podem ser vistos em (COSTA JÚNIOR *et al.*, 2022).

2.3. Consistência dos dados

A qualidade da série temporal dos dados pluviométricos foi avaliada pela análise de consistência de dados via estatística descritiva e exploratória. Em que foram obtidos os

parâmetros: média ($\bar{x}$), mediana (M_d), o desvio padrão (Dp), valores: máximo (VM) e mínimo (VN), e amplitude total (A_t), limites superiores (Ls), e inferior (Li), coeficientes de variação amostral (CV, %), assimetria (Ap) e curtose (K), quantil inferior (Q_1) e superior (Q_3) e, por fim, a amplitude interquartílica (AIQ). A análise exploratória foi realizada via gráfico Boxplot na escala mensal, visando identificar a presença de valores discrepantes (outliers). Todos esses parâmetros foram calculados via software ambiente R versão 4.1.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2022).

2.4. Intensidade do Fenômeno ENOS

A intensidade do fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) foi classificada segundo o Oceanic Niño Index (ONI) e de acordo com os critérios de classificação (Tabela 1), (NOAA/CPC 2022). Para a definição da intensidade de cada evento do fenômeno ENOS foi utilizado o critério de 3 meses de valores de ONI dentro da mesma intensidade. Ou seja, durante um evento é necessário que 3 ou mais meses tenham apresentado valores de ONI dentro da mesma faixa de intensidade. Quando o índice for maior que +0,5°C por no mínimo três meses consecutivos é caracterizado como um evento de El Niño e quando o índice for menor que -0,5°C por no mínimo três meses consecutivos é caracterizado como La Niña. Índices de valores -0,4 °C a 0,4 °C são classificados como eventos de neutralidade climática.

Tabela 1 - Classificação da intensidade do fenômeno ENOS, segundo o ONI.

Eventos	Valor do ONI	Classe de Intensidade
El Niño	0,50 A 0,90	Fraco
	1,00 a 1,40	Moderado
	1,50 a 1,90	Forte
	≥ 2,00	Muito Forte
La Niña	-0,50 A -0,90	Fraca
	-1,00 a -1,40	Moderada
	-1,50 a 1,90	Forte
	≤ -2,0	Muito Forte

Fonte: Golden Gate Weather Service (2020).

2.5. Índice de Anomalia de Chuva aplicada aos dados climáticos

Após a realização das análises estatísticas: descritiva e exploratória foi determinado o índice de Anomalia de Chuva - IAC. Conforme a metodologia proposta por Rooy (1995) e adaptada por Freitas (2004), para obter as anomalias positivas e negativas de chuva do município de Viçosa (MG), em que os dados foram tabulados via planilha eletrônica (software Microsoft Office Excel), para o período de 1925 a 2018, conforme as expressões a seguir:

$$IAC_{Positiva} = 3\left[\frac{(N-\bar{N})}{(\bar{M}-\bar{N})}\right] \quad (1)$$

$$IAC_{Negativa} = -3\left[\frac{(N-\bar{N})}{(\bar{X}-\bar{N})}\right] \quad (2)$$

Em que, N = precipitação (mm) atual do mês ou ano que será calculado o IAC; N̄ precipitação média mensal ou anual da série histórica (mm); M̄ média das dez maiores precipitações mensais ou anuais da série histórica (mm); X̄= média das dez menores precipitações mensais ou anuais da série histórica (mm).

Os valores do índice de anomalia de chuva são classificados em nove categorias que variam de extremamente úmido a extremamente seco de acordo com Rooy (1965). Entretanto, um valor acima ou abaixo de zero indica que o resultado foi comparado com a média histórica, e o período será classificado como chuvoso ou não chuvoso, ou seja, quanto mais o valor do índice se afastar de zero, maiores ou menores serão os volumes chuva. Desta forma, conforme a metodologia aplicada por Freitas (2004 e 2005) e Araújo et al. (2007), os valores do IAC classificados como normais por Rooy (1965) foram inseridos nas classificações de Umidade Baixa (quando o valor do IAC é positivo) e Seca Suave (quando o valor do IAC é negativo). No entanto, as demais classificações determinadas por Rooy (1965) foram mantidas, assim como suas denominações Tabela 2.

Tabela 2 – Classificações das intensidades das anomalias negativas e positivas de precipitação de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

IAC	Classe de Intensidade	IAC	Classe de Intensidade
≥ 4,00	Umidade Extremamente Alta	-1,99 a 0,00	Seca Suave
3,00 a 3,99	Umidade Alta	-2,00 a -2,99	Seca Moderada
2,00 a 2,99	Umidade Moderada	-3,00 a -3,99	Seca Alta
0,00 a 1,99	Umidade Baixa	≤ 4,00	Seca Extremamente Alta

Fonte: Freitas (2004 e 2005) e Araújo et al. (2007).

2.6. Matriz de interação entre o IAC e o ENOS

Para avaliar o desempenho entre o IAC e os eventos de ENOS foram criadas três matrizes de interações (El Niño versos IAC), (La Niña versos IAC) e (ENOS versos IAC), avaliadas pelos coeficientes de correlações (Kendall - τ, Sperman – ρ e Pearson - r) e determinação de R^2, seguidos dos índices de concordância de Willmott (d) e confiança (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997), o Teste t-Student e Erro Padrão da Estimativa (EPE). Maiores detalhes sobre a metodologia utilizada em Terassi *et al.* (2018) e Souza *et al.* (2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Percentual de falhas e o preenchimento de falhas na série temporal climática

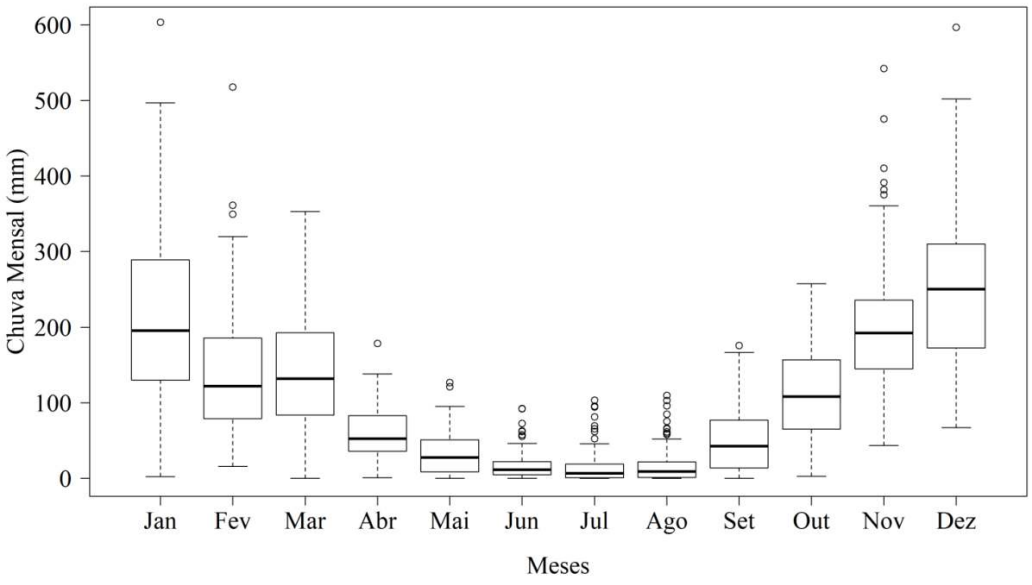
A contabilização dos percentuais de falhas nos dados pluviométricos no município de Viçosa (MG) (Figura 1) identificou um percentual de 24,69% de falhas nos dados de chuva ao longo dos meses do ano referente ao período de janeiro de 1925 a dezembro de 2018. Porém, vale destacar que um dos grandes problemas nas mais diversas áreas do conhecimento, é a ocorrência de ausência de dados, especialmente na área de Meteorologia e Climatologia (GRUND *et al.*, 2016), pois a utilização de técnicas ou metodologias inadequadas de preenchimento de dados faltosos pode levar os pesquisados a conclusões equivocadas sobre o fenômeno estudado.

Todavia, o preenchimento das respectivas falhas por meio do método de imputação múltipla (Percentual ≥ 0,15), conforme a metodologia de Harrel (2001), através da função "spline" via plataforma estatística R com o auxílio do pacote “mtsdi” mostrou-se satisfatório ao preenchimento dos dados ausentes na área de estudo.

3.2. Estatísticas descritivas exploratórias aplicadas à série temporal climática

Os resultados apresentados nas Figura 3 e Tabela 3 indicam que a estação seca em Viçosa ocorre entre os meses de abril a setembro, entre o outono e o início da primavera. Vale ressaltar que os meses mais secos foram junho, julho e agosto (inverno), em que as menores, médias de chuvas foram superiores à mediana, registradas no intervalo entre 16,79 e 17,87 mm, ambas entre o Q_1 e o Q_3 quartil, respectivamente. Destaque, para as maiores assimetrias observadas na estação seca (inverno) nos meses de junho (2,1), julho (2,1) e agosto (1,9), seguidos de baixos valores de assimetria na estação chuvosa nos meses de outubro (0,2), dezembro (0,54), janeiro (0,6) e março (0,6), que se sobressai em relação à chuva, devido à elevada altitude da região, e índice pluviométricos altos em outubro (113,6 mm), novembro (201,7 mm), dezembro (251,0 mm) e janeiro (213,4 mm), fevereiro (142,3 mm) e março (144,8), acompanhados dos maiores Q_1 e o Q_3 quartil, em outubro (66,6 e 156,6), novembro (145,2 e 235,4), dezembro (172,6 e 309,7), janeiro (131,1 e 288,9). E valores mínimos e máximos nos meses de outubro (2,6 e 257,5), novembro (43,3 e 542,5), dezembro (66,9 e 596,8), janeiro (2,1 e 603,6), fevereiro (15,7 e 518,0) e março (0,0 e 353,1), respectivamente.

Figura 3 – Boxplot da chuva mensal (mm) no município de Viçosa (MG) no período de 1925 a 2018.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Comparativamente os limites superiores variam entre (291,6 mm a 525,6 mm) e os inferiores entre (21,6 mm a 104,0 mm) para o Q_1 e o Q_3 quartil, quanto à amplitude interquartílica (AIQ) observam-se valores entre (90,0 e 157,8). Porém, notam-se valores negativos dos limites inferiores que compreendem o período de transição entre as estações da primavera e do verão, entre maio e setembro (-12,1 a -15,8). Ressalta-se uma forte presença de outliers (Figura 3) durante a estação de inverno (junho, julho e agosto) e no outono (março, abril e maio) na região de Viçosa que é fortemente influenciada pelas circulações das brisas vale/montanha e convecção local (SANTOS; REBOITA, 2018; REBOITA *et al.,* 2019), tal variabilidade de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) e Frontais (SF) contribuem para o surgimento de outliers nas séries temporais de chuva.

Os maiores valores de D_P e AIQ para a chuva demonstraram alta variabilidade dos dados em torno da média, principalmente nos meses da estação chuvosa (outubro a março) com variações, quanto ao D_P (33,31 a 118,47 mm) e AIQ (46,38 a 157,83 mm). Entretanto, observou-se que os meses de junho e julho se sobressaíram em relação aos demais, por apresentarem as menores, médias e medianas praticamente similares à estação seca. A análise dos coeficientes de curtose (K) mostra um o grau de achatamento da curva de frequência do tipo Leptocúrtica (K>3), na estação seca (inverno) nos meses de junho (3,20) julho (4,26) e agosto (4,64), seguidos pela estação chuvosa (verão e transição), com coeficiente K Platicúrtica (K<3), conforme indica a Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros estatísticos da chuva: média ($\bar{x}$), mediana (M_d), desvio padrão (D_P), valor máximo (VM_a) e mínimo (VM_i), amplitude total (A_t), limites superior (Ls) e inferior (Li), coeficientes de variação (CV), assimetria (A_p) e curtose (K), quantil inferior (Q_1) e superior (Q_3), amplitude interquartílica (AIQ) e percentual (%) de falhas dos dados no município de Viçosa (MG).

Meses	$\bar{x}$ (mm)	M_d (mm)	Valor			Limite	
			VM_i (mm)	VM_a (mm)	A_t (mm)	L_i (mm)	L_s (mm)
JAN	213,44	195,60	2,10	603,60	601,50	52,14	525,61
FEV	142,27	121,80	15,70	518,00	502,30	27,25	341,35
MAR	144,76	131,95	0,00	353,10	353,10	30,15	352,50
ABR	58,34	52,35	0,60	178,50	177,90	12,84	151,96
MAI	34,10	27,45	0,00	126,80	126,80	-12,13	113,73
JUN	16,79	11,25	0,00	92,38	92,38	-3,98	47,93
JUL	16,00	6,80	0,00	103,50	103,50	-8,14	45,79
AGO	17,87	9,00	0,00	109,90	109,90	-9,43	52,68
SET	51,42	42,60	0,00	175,60	175,60	-15,76	168,96
OUT	113,61	108,00	2,60	257,50	254,90	21,63	291,63
NOV	201,65	192,40	43,30	542,50	499,20	100,09	370,76
DEZ	250,95	250,60	66,90	596,80	529,90	103,99	515,36

Meses	**Coeficientes**			D_P (mm)	**Quartil**		AIQ (mm)
	CV (%)	A_p	K		Q_1 (mm)	Q_3 (mm)	
JAN	55,50	0,54	0,03	118,47	131,05	288,88	157,83
FEV	63,38	1,22	2,02	90,17	79,60	184,30	104,70
MAR	56,42	0,59	-0,37	81,68	83,88	191,33	107,45
ABR	57,11	0,70	0,60	33,31	36,03	82,40	46,38
MAI	84,32	1,07	1,01	28,75	8,85	50,80	41,95
JUN	112,63	2,08	4,64	18,91	4,68	21,98	17,30
JUL	141,60	2,12	4,26	22,65	0,85	18,83	17,98
AGO	138,47	1,90	3,20	24,74	0,93	21,63	20,70
SET	80,13	0,78	0,00	41,20	15,03	76,60	61,58
OUT	53,03	0,22	-0,69	60,25	66,63	156,63	90,00
NOV	46,18	1,03	1,35	93,11	145,20	235,43	90,23
DEZ	41,16	0,54	0,33	103,29	172,55	309,68	137,13

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Segundo Cunha (2019), a precipitação pluviométrica no Estado de Minas Gerais é fortemente marcada pela disposição do relevo e da atuação dos sistemas atmosféricos como

Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e frente polar. Assim, a redução da precipitação em Minas Gerais, pode ser explicada pela menor atuação de sistemas atmosféricos como a ZCAS e por frentes que ficam mais restritas às regiões de maior incursão, inclusive durante o verão (estação chuvosa), da ASAS sobre essa região. Em que os municípios mineiros registram a presença de pelo menos quatro meses de baixa pluviometria na estação de inverno (estação seca). A maior estiagem ocorre entre os meses de maio a setembro em todas as estações localizadas em Minas Gerais, assim como o trimestre com os menores índices pluviométricos, em junho, julho e agosto (Aimorés, Caratinga, Coronel Fabriciano, Governador Valadares, João Monlevade, Usiminas e Viçosa).

Segundo os estudos de Cunha (2019), a distribuição desigual da chuva entre os seis meses de inverno e verão durante o período de 1991 a 2017 na bacia hidrográfica do Rio Doce (BH), entre os estados de Minas Gerais e o Espírito Santo e relativamente próxima a área desta pesquisa, durante os meses de seca, varia em média de 135 mm a 345 mm na BH. Tal característica resulta das massas de ar seco predominantes nesse período sobre a bacia, estando às poucas chuvas associadas ao avanço de frentes e à atuação da borda úmida da Massa Tropical Atlântica (MTA) especialmente no litoral. Já durante os meses da estação chuvosa, os valores da precipitação variaram, em média, de 770 mm, localizados principalmente no entorno da estação de Aimorés, à 1230 mm, nas proximidades de Timóteo e Barbacena.

A concentração das chuvas no entorno da Região Oeste da bacia resultou, especialmente, da atuação do relevo dessa região, que funciona como uma barreira natural à umidade Amazônica – ZCAS (setor oeste e parte do noroeste) e às frentes frias (setor sudoeste), fazendo com que nessa região ocorra maior volume de chuvas que nas demais. Durante os meses da estação chuvosa ocorre cerca de 85% de toda a precipitação anual da bacia, o que corresponde a uma média zonal de 1050 mm, havendo uma maior concentração das chuvas nos meses de dezembro, novembro e janeiro, destacando-se o primeiro com o maior volume médio de 262 mm. Os meses de fevereiro, março e outubro registraram os menores volumes pluviométricos, sendo que o mês de outubro registrou o menor valor médio, 96 mm. Já durante os meses da estação seca, ocorreu cerca de 15% de toda a precipitação da bacia, ou seja, 193 mm.

O mês de abril se destacou como o único mês com precipitação superior a 50 mm, registrando em média 71 mm. Os demais meses de maio a setembro, registraram chuvas mensais inferiores a 50 mm, sendo o mês de julho o mais seco do período, com precipitação de a 13 mm. Esses resultados assemelham-se aos obtidos na Tabela 3 para as médias pluviométricas da chuva na região de Viçosa (MG).

Assim, vale ressalta que as condições observadas para o município de viçosa foram constatadas no município de Teixeiras (MG), localizado na mesorregião da Zona da Mata Mineira, onde os acumulados mensais de chuva com menores desvios-padrão da série temporal ocorreram nos meses de julho e agosto. Já os maiores acumulados ocorreram em janeiro e dezembro. Assim como as maiores médias de chuva também ocorreram nos meses de janeiro e dezembro (GONÇALVES; FIALHO, 2022).

Vale elencar que, de acordo com Reboita *et al.* (2015), no estado de Minas Gerais (MG) há a atuação de fenômenos meteorológicos tanto de latitudes médias quanto tropicais, devido a sua localização e os sistemas atuantes como ZCAS, convecção local, os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's) e os Sistemas Frontais (SF), principais mecanismos formadores de chuva (ZANDONADI *et al.*, 2016). Sendo assim, a precipitação em MG não se caracteriza bem distribuída ao longo do ano, uma vez que o período chuvoso se concentra entre outubro e abril (MARENGO *et al.*, 2012; SILVA; REBOITA, 2013; REBOITA *et al.*, 2015). Durante o período chuvoso é comum à ocorrência de episódios de chuva extrema em MG, que em geral, são causados pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (SILVA *et al.*, 2019; ROSA *et al.*, 2020), a qual é responsável por deflagrar diversos desastres naturais como deslizamentos de terra, enchentes e inundações, que afetam a vida da população.

A análise da distribuição da chuva média acumulada anual (CMAA) e desvio padrão médio (DPM) no município de Viçosa (MG), para o período de 1925 a 2018 (Figura 4), mostrou que os menores, volume de CMAA e DPM ocorreram em 52 anos, (55,32 % dos anos com CMAA < 1261,19 mm e DPM ± 84,88 mm), enquanto, os maiores volumes de CMAA foram observadas em 42 anos (44,68% dos anos com CMAA > 1261,19 mm e ± DPM 117,77 mm). *Verificamos* que os anos de maior destaque com volumes de CMAA > 1261,19 mm e DPM ± 117,77 mm ocorreram em vinte e três anos. E os anos abaixo da CMAA < 1261,19 mm e DPM ± 84,88 mm, foram treze anos (Figura 4).

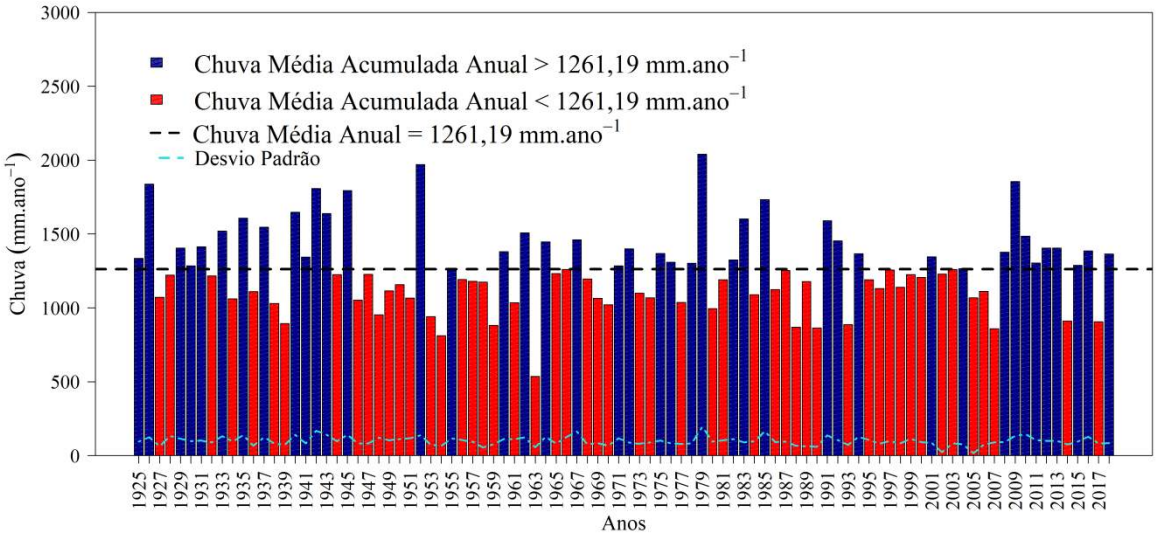
Todavia, os estudos de Cunha (2019) para a distribuição temporal das chuvas na BH do Rio Doce, revelaram precipitações médias de 1243 mm, apesar de anos mais chuvosos indicarem chuvas superiores a 1600 mm, destaque para os anos de 2004 e 2005 com médias pluviométricas entre 1628 mm e 1613 mm. Porém, os anos mais secos ocorreram em 2017 (935 mm), 2015 (922 mm) e 2014 (841 mm). O estudo mostrou que dos vinte e sete anos estudados, quinze registraram precipitações pluviométricas acima da média em 1991, 1992, 1994, 1995, 1997, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2013. E doze registraram precipitações abaixo da média: 1993, 1996, 1998, 1999, 2001, 2003, 2007, 2012, 2014, 2015, 2016 e 2017. Esses resultados corroboram com os observados no presente estudo quando comparados conforme a Figura 4.

Comparativamente, com os anos que apresentam chuvas superiores ou inferiores à média do período para a BH e a atuação do fenômeno ENOS nesses anos, no geral, não há uma relação direta entre o ENOS e a precipitação pluviométrica ocorrida, excetuando-se o ano 2015, que foi mais seco e registrou doze meses de atuação do El Niño. O ano de 2004, com chuva superior à média da bacia, se dividiram em seis meses de neutralidade e seis meses de El Niño, ambos atuando durante a estação chuvosa, a qual influencia diretamente nas precipitações pluviométricas anuais e, consequentemente, nas médias de chuva, fato esse que ficou evidente no presente para a região de Viçosa (MG), conforme as Figuras 4 e 5. Onde o ano de 2005, chuvoso, iniciou com dois meses de El Niño e terminou com dois meses de La Niña, ambos também ocorrendo durante a estação chuvosa da bacia, sendo os demais de neutralidade. No ano de 2014, com baixa média pluviométrica, predominou os meses de neutralidade, sendo apenas os dois últimos de El Niño, ou seja, o fenômeno ocorreu durante meses da estação chuvosa, o que pode ter influenciados nos volumes de chuva da BH. Porém, o ano de 2017, um dos mais secos na bacia, predominou meses de neutralidade, sendo os três últimos meses do ano, período da estação chuvosa, de La Niña, fenômeno que tende a ocasionar maiores volumes de precipitação, conheceram com os resultados das Figuras 4 e 5.

A análise da distribuição da chuva no período de 1991 a 2017, nas estações meteorológicas de Barbacena, Caparaó, Diamantina e Viçosa, treze anos apresentaram chuva superiores à média, e quatorze anos chuvas inferiores à média. O ano de 2004 foi o mais chuvoso em Barbacena (1997 mm) e em Viçosa (1798 mm). Já em Caparaó e

Diamantina, os anos mais chuvosos foram 1994 (2108 mm) e 1992 (21465 mm), respectivamente. O ano de 2014 novamente destaca-se como o mais seco em Diamantina (712 mm) e em Viçosa (824,6 mm), desta forma os resultados observados por Cunha (2019) se semelham ao presente estudo desenvolvidos de acordo com as Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Chuva média acumulada anual (mm.ano^{-1}) da estação meteorológica do município de Viçosa - MG, no período de 1925 a 2018.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

3.3 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

A variabilidade interanual da chuva em Viçosa (MG) foi obtida e representada via Índice de Anomalia de Chuva (IAC), para a caracterização da intensidade das fases do ENOS (Figura 5), em que os eventos na escala (ONI) de El Niño e La Niña, respectivamente, identificaram as intensidades fraca, moderada, forte e muito forte (Tabela 1). Observa-se que na década de 30 apresenta a menor concentração de eventos de El Niño (25,00%), e a maior concentração La Niña em 75,00% dos anos, as demais décadas 1950, 1960, 1980, 1990, 2010 e os anos de 2011 a 2018 apresentaram 50,00% dos anos classificados como El Niño ou La Niña. Porém, as décadas de 1940 (42,86% dos anos de El Niño e 57,14% dos anos de La Niña), 1970 (66,67% dos anos de El Niño e 33,33% dos anos de La Niña) e 2000 (42,86% dos anos de El Niño e 57,14% dos anos de La Niña) registraram os maiores percentuais de anos El Niño e La Niña com intensidades Fracas, Moderadas, Fortes e Muito Fortes. Segundo Buffon e Binda (2014), as variações na frequência de ocorrências do fenômeno ENOS

interferindo diretamente na precipitação e influencia na Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

Em relação ao Índice de Anomalia de Chuva – IAC (Figura 5) para o município de Viçosa (MG), com base na CMAA > 1261,19 mm, revelou que 60,87% dos anos apresentaram Umidade Baixa (14 anos), 13,04% Umidade Moderada (3 anos), 17,39% Umidade Alta (4 anos) e apenas 8,70% dos anos apresentaram Umidade Extremamente Alta (2 anos). Para a classificação seca foram registrados eventos significativos para 76,92% dos anos considerados como de Seca Moderada (10 anos), e as demais classificações apenas 7,69%, ou seja, apenas (1 ano), considerado como de Seca Suave, Alta e Extremamente Alta, com destaque para ano de 1963 como o mais seco da série histórica com 537 mm de chuva, e o ano de 1979, como o mais chuvoso no município de Viçosa com 2040 mm. Onde de acordo com Monteiro (1969) o ano de 1963 foi considerado nas diversas regiões do sudeste e sul do Brasil como de seca extrema, trouxe danos graves a agricultura, o abastecimento de água potável com o esvaziamento de reservatórios em São Paulo e incêndios no estado do Paraná. Observa-se aqui o caráter regional desse episódio de seca.

Porém, ressalta-se que resultados semelhantes foram observados para o município de Cataguases no estado de Minas Gerais, com uma chuva média anual de 1448 mm, destacando-se o ano de 1963 como um dos mais secos da série, com 658 mm e o ano mais chuvoso no ano de 1965, com 2461 mm. A variabilidade pluviométrica de Cataguases, conforme o IAC considera que em um primeiro momento até 1963 valores negativos ou próximos à zero da anomalia de chuva foram observados. Porém, os anos entre 1964 e 1992 os desvios pluviométricos foram predominantemente positivos, o que mostra totais pluviométricos de chuva maiores em Cataguases, destaque para os anos (muito e extremamente úmidos) em 1964, 1965, 1972, 1979 e 1983. Desde 1993, os totais pluviométricos registram anomalias negativas mais intensas, como nos anos de 2014 e 2015 que foram considerados de seca moderada e umidade baixa, o que se reflete no município de Viçosa e Cataguases (Figura 5). Nesse período a média móvel registrou valores negativos ou próximos à zero. Apenas o ano 2004 foi considerado umidade baixa, no período de 1993-2020, enquanto as outras anomalias positivas estiveram na classe de levemente úmido.

Quanto aos anos classificados como “Umidade Baixa” (1,99 > IAC > 0,00), Figura 5 e Tabela 2, em Viçosa para CMAA superior a 1261,19 mm, foram registrados nos anos de 1929

(1404,70 mm e La Niña Moderada), 1931 (1413,70 mm e Neutro), 1933 (1519,30 mm e El Niño Moderada), 1935 (1607,60 mm e Neutro), 1937 (1547,00 mm e La Niña Fraca), 1962 (1508,70 mm e Neutro), 1964 (1447,50 mm e La Niña Fraca), 1967 (1460,50 mm e Neutro), 1983 (1602,30 mm e La Niña Fraca), 1991 (1589,40 mm e El Niño Forte), 1992 (1453,90 mm e Neutro), 2010 (1484,93 mm e La Niña Forte), 2012 (1404,19 mm e Neutro) e 2013 (1404,19 mm e Neutro). Para a classificação do IAC "Umidade Alta" (3,00 > IAC > 3,99), os anos de 1926 (1838,00 mm e El Niño Forte), 1942 (1807,80 mm e La Niña Forte), 1945 (1793,20 mm e Neutro) e 2009 (1855,40 El Moderado), para a "Umidade Moderada" (2,00 > IAC > 2,99), foi observada nos anos de 1940 (1647,90 mm e El Niño Forte), 1943 (1638,60 mm e Neutro) e 1985 (1732,30 mm e Neutro). Seguidos pela classificação do IAC "Umidade Extremamente Alta" (IAC > 4,00), nos anos de 1952 (1970,50 mm) e 1979 (2040,10 mm) anos de El Niño Fraco. Porém, a exceção foram os anos de 1931, 1935, 1943, 1945, 1962, 1967, 1985, 1992, 2012 e 2013, os quais foram considerados pelo (NOAA/CPC 2022) como "anos normais", apresentaram uma boa correspondência com a componente positiva do fenômeno ENOS no município de Viçosa-MG (Figura 5).

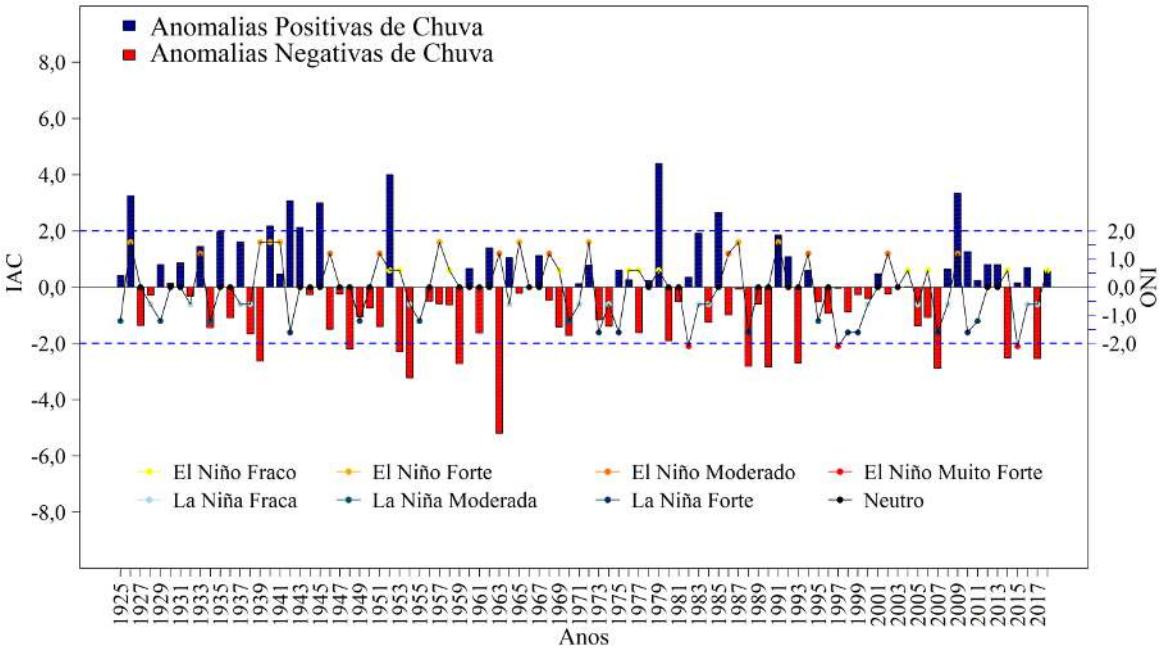
Porém, ressalta-se que tais resultados corroboram com os encontrados no município de Juiz de Fora, localizado também na Zona da Mata Mineira em seu setor meridional, no período de 1910 a 2017, segundo Tavares et al. (2021), onde em apenas três anos foram observados valores extremos em 1924 (IAC > 4,3) extremamente úmido, 1970 (IAC<-4,7) extremamente seco, e 1983 (IAC > 4,4) extremamente úmido. A partir de informações sobre a classificação anual do fenômeno ENOS, conforme a classificação do CPTEC/INPE os anos de 1924/1925 foram de La Niña Moderado, sendo verificado a partir do IAC que 1924 foi de "Umidade Extremamente Alta" (IAC > 4,3), e os anos de 1969/1970 como de El Niño Moderado, e 1970/1971 como de La Niña Fraco, não correspondendo com os resultados obtidos em 1970 através do IAC (extremamente seco). Por fim, o período de 1982/1983 foi classificado como El Niño Forte, tendo o IAC negativo para o ano de 1983 (extremamente úmido).

Tavares *et al.* (2021) demonstraram que, ao se comparar o IAC com o fenômeno ONI, não se encontrou correspondência entre o ENOS e o IAC para série analisada em Juiz de Fora, fato esse também constatado em Viçosa (MG). No entanto, nos anos de 1957, 1965 e 1983 foi possível observar uma correspondência em Juiz de Fora, já que, para os referidos

anos houve tanto um aumento da temperatura do Pacífico quanto aumento das precipitações.

Para a distribuição do IAC, para CMAA inferior a 1261,19 mm, (Figura 5) sob a perspectiva dos anos secos, mostrou a ocorrência de apenas um ano 1980 (995,90 mm e Neutro) foi de classificado de “Seca Suave” (0,00 < IAC < -1,99). Porém, eventos de “seca moderada” (-2,00 < IAC < -2,99), ocorreram nos anos de 1939 (894,70 mm e El Niño Forte), 1948 (953,40 mm e Neutro), 1953 (940,40 mm e El Niño Fraco), 1959 (882,30 mm e Neutro), 1988 (869,30 La Niña Forte), 1990 (864,70 mm e Neutro), 1993 (886,50 mm.ano^{-1} e Neutro), 2007 (859,37 mm e La Niña Forte), 2014 (910,60 mm e El Niño Forte), 2017 (906,20 mm e La Niña Fraca).

Figura 5 – Distribuição do índice de anomalia de chuva positiva e negativa no munícipio de Viçosa - MG, no período de 1925 a 2018.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Todavia, ressalta-se nos estudos de Cunha (2019), sobre a variabilidade interanual das precipitações na BH do Rio Doce, que quatro das sete estações utilizadas, prevaleceram anomalias negativas de chuva. Sendo destaque as estações de Viçosa, Barbacena e Caparaó, com 14 anos de anomalias negativas.

Entretanto, uma síntese da distribuição das anomalias no período de 1991 a 2017 na BH, revelou a existência de dois cenários de anomalias, uma positiva, ocorrida de 2008 a 2011, e uma negativa, de 2014 a 2017. Onde os anos de 1992, 2004, 2005 e 2009 foram classificados como de umidade baixa, alta e seca moderada, os anos de 2014 e 2015, registraram os valores negativos anuais médios do IAC mais expressivo (IAC < -4,98 - Seca Extremamente Alta), e os anos de 2004 e 2005 os valores positivos do IAC de 4,92 e 4,73, respectivamente. O que corroboram com os resultados obtidos no presente estudo no município de Viçosa.

3.4 Interação entre o IAC e o ENOS

A avaliação do desempenho dos modelos de interações (IAC vs EL Niño; IAC vs La Niña e IAC vs ENOS) no município de Viçosa, indicou que os respectivos coeficientes de correlação de Kendall (τ), Spearman (ρ) e Pearson (r) variou entre 0,002 a 0,117, seguidos pelos P.valores entre 0,4095 a 0,9935 sendo, portanto, os coeficientes categorizados como de Muito Baixa correlação linear. Porém, com base na correlação de teste Kendall (τ), a interação do IAC vs La Niña apresentou-se independente, pois o coeficiente (τ) encontra-se próximo de zero (Tabela 5).

Sendo destaque os testes de Spearman (ρ) e Pearson (r), que apresentam comportamento diferentes ao de Kendall (τ), com valores próximos a (0,1), para as interações (IAC vs El Niño e IAC vs ENOS), o que evidencia uma significância (S) estatísticas ora com aumente ou diminua do IAC em quaisquer uma das fases dos episódios de El Niño ou La Niña. O coeficiente de Pearson (r), por sua vez, variou entre -0,013 a 0,086, o que mostra uma correlação negativa classificada como significativa (S) entre a interação (IAC vs La Niña), indicando que as duas variáveis se movimentam em direções opostas, porém, com Muito Baixa correlação e interação.

De acordo com Tavares *et al.* (2021), os resultados obtidos no município de Viçosa - MG, para avaliar a interação entre o IAC e o ENOS, foram corroborados com os encontrados entre o ENOS e o IAC no município de Juiz de Fora - MG, através da aplicação da técnica de correlação de Pearson, refletem um baixo (R^2) de 0,0021 e correlação (r) de 0,0458. Isto indicou uma não correlação do IAC com o ENOS em Juiz de Fora - MG.

Quanto ao teste de significância, observa-se um aumento da classificação significativa (S) (Tabela 5) em todas as interações, não sendo registrada a classificação não significativa (NS) em nenhuma das respectivas interações (Tabela 5). Onde o p.valor variou entre 0,4095 a 0,9935, sendo o valor de p aceitável (0,05) e ocorrerem em todas as interações (Tabela 5). Destaca-se ainda que a correlação de Pearson obtivesse menor variação entre os valores de p.valor (0,41) em comparação com as correlações de Kendall (0,44) e Spearman (0,46) para a interação (IAC vs ENOS). Em que o coeficiente de determinação R^2 explicou apenas uma média 63,67% do modelo de Kendall, seguido de 65,88% do modelo de Spearman e, por fim, abaixo de 76,34% no modelo de Pearson na relação entre o IAC e o ENOS no município de Viçosa (MG).

Tabela 5 – Resumos estatísticos das interações IAC vs EL Niño e IAC vs La Niña e IAC vs ENOS no município de em Viçosa (MG).

Testes	Interações	τ	p.valor	Signif.	R^2
Kendall	IAC vs El Niño	0,094	0,4959	S	0,0088
	IAC vs La Niña	0,005	0,9705	S	0,0000
	IAC vs ENOS	0,058	0,4437	S	0,0033
Spearman	**Interações**	**ρ**			
	IAC vs El Niño	0,117	0,5241	S	0,0137
	IAC vs La Niña	0,002	0,9935	S	0,0000
	IAC vs ENOS	0,077	0,4587	S	0,0060
Pearson	**Interações**	**r**			
	IAC vs El Niño	0,015	0,9352	S	0,0002
	IAC vs La Niña	-0,013	0,9454	S	0,0002
	IAC vs ENOS	0,086	0,4095	S	0,0074

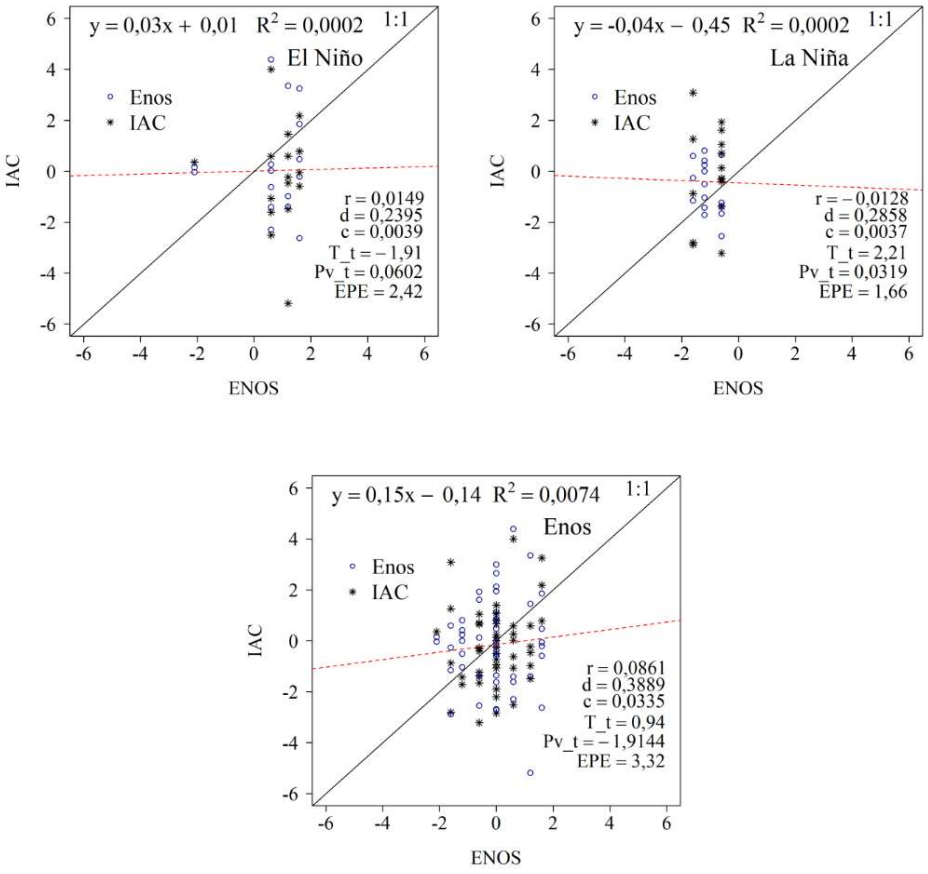
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A análise do desempenho para as três interações (IAC vs El Niño, IAC vs La Niña e IAC vs ENOS), via diagrama de dispersão (linha 1:1) Figura 6, revelou um desempenho categorizado como um modelo de regressão com desempenho insatisfatório em todas as interações, com baixos valores do coeficiente de determinação (R^2) entre 0,0002 a 0.0074, seguido de correlação (r) de 0,015, -0,0128 e 0,0861, que apontam para a independência das Variáveis IAC e ENOS. Os índices d e c dos três modelos de interações, variaram entre d > 0,2795 e c > 0,0039 para o modelo (IAC vs El Niño), d > 0,2858 e c > 0,0037 para o modelo

(IAC vs La Niña) e d > 0,3889 e c > 0,0335 para o modelo (IAC vs ENOS) apresentaram uma baixa precisão dos modelos.

Os menores valores de EPE (< 2,45) e EPE (< 1,66) ocorreram com os modelos da primeira e segunda interação (IAC vs El Niño e IAC vs La Niña), enquanto o maior valor de EPE (> 3,32) o corre com o modelo (IAC vs ENOS). A análise do teste *t de Student* nas três interações revelou que apenas a interação (IAC vs El Niño) aponta para a não existência de evidencia suficiente para rejeição da hipótese nula (H_0), de que não há diferença entre as médias do (IAC vs El Niño) para p.valor N (0,05> p.valor > 0,0602). Enquanto, as demais interações indicam que há evidência suficiente para rejeição da hipótese nula (H_0), de que há diferença entre as médias dos (IAC vs La Niña e IAC vs ENOS), para (0,05> p.valor > 0,0319) e (0,05> p.valor > -1,914), com valores do teste *t de Student* variando entre 2,21 a 0,94 (Figura 6).

Figura 6 - Diagrama de dispersão (1:1) das interações entre (IAC vs El Niño, IAC vs La Niña e IAC vs ENOS), com os respectivos parâmetros estatísticos (coeficientes r e R^2, índices d e c, Teste-t (T_t), P.V_t e EPE) no período de 1925 a 2018, no município de Viçosa (MG).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Portanto, o modelo de regressão linear simples (MRLS) não se ajustou satisfatoriamente as interações entre IAC e os ENOS, visto que os parâmetros estatísticos se mostraram insatisfatório quanto ao desempenho do (MRLS) no diagrama de dispersão (Figura 6), onde não se pode afirmar com precisão que exista uma associação direta entre os IAC e eventos de ENOS, apesar do Teste *t de Student* mostrar que existe diferença entre as médias dos eventos dos IAC vs El Niño.

Ressalta-se que os resultados observados são confirmados pelo estudo de Laureanti e Grimm (2019), sobre a diferença na distribuição das chuvas na América do Sul (AS), onde, todos os testes estatísticos utilizados para calcular os padrões de anomalia de chuva indicam diferença na distribuição dos índices em fases opostas de ENOS, tanto no sudeste da AS quanto no norte da AS, embora ocorram variações significativas entre os índices.

Por sua vez, Viegas *et al.* (2019) mostram que a precipitação na AS é afetada nos trópicos por variações na circulação de Walker associadas aos diferentes tipos de ENOS (RODRIGUES *et al.*, 2011; TEDESCHI *et al.*, 2015; TEDESCHI; COLLINS, 2016; ANDREOLI *et al.*, 2017) e nos extratrópicos por modificações nos trens de ondas no Pacífico equatorial e nas variações da intensidade do fluxo de umidade sobre o continente (TEDESCHI *et al.,* 2015; TEDESCHI; COLLINS, 2016; ANDREOLI *et al.*, 2017). Aqui as diferenças entre os padrões de precipitação simulados na região equatorial da América do Sul são explicadas por mudanças na circulação de Walker sobre o continente, discutidas através dos campos de Pressão ao Nível médio do Mar.

4. CONCLUSÃO

O índice de anomalia de Chuva IAC permitiu avaliar de forma eficiente a variabilidade anual da precipitação pluviométrica no município de Viçosa. A intensidade das fases dos eventos de ENOS, estão associados às ocorrências de chuvas superiores e inferiores à normal climatológica para a região. O índice de IAC é uma importante ferramenta ao planejamento de medidas de mitigação a eventos de secas extremas no setor agrícola e/ou produção cafeeira de Viçosa.

Aqui concluímos que o modelo de regressão linear simples (MRLS) não se ajustou satisfatoriamente as interações entre IAC e os ENOS, visto que os parâmetros estatísticos se mostraram insatisfatório quanto ao desempenho do (MRLS). Adicionalmente, não se pode afirmar com precisão que há uma associação direta entre os IAC e eventos de ENOS, apesar do Teste *t de Student* indicar que há diferenças entre as médias dos eventos dos IAC vs El Niño. Assim, recomenda-se no futuro acrescentar novas variáveis meteorológicas e ferramentas estatísticas como modelo de regressão linear múltipla (MRLM) e testes estatísticos que busque uma melhor relação entre a interação do IAC e ENOS.

5. AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos de Pós-Doutorado (PNPD), junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Acre (UFAC). O terceiro autor agradece à bolsa de Pós-Doutorado Júnior (PDJ) concedida pelo CNPq (processo 165450/2020-7).

6. REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Michael *et al.* The atmospheric bridge: the influence of ENSO teleconnections on air-sea interaction over the global oceans. **Journal of Climate**, v.15, n.16, p.2205-2229, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<2205:TABTIO>2.0.CO;2. Acesso em: 29 jan. 2022.

ALVES, Jandelson de Oliveira *et al.* Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, v.14, n.1, p.37-47, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.21576/pa.2016v14i1.4. Acesso em: 24 fev. 2022.

ANDREOLI, Rita Valéria *et al.* The influence of different El Niño types on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v.37, n.3, p.1374-1390, 2017. Disponível em: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.4783. Acesso em: 24 fev. 2022.

ARAÚJO, Lincoln Eloi de *et al.* Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, v.24, n.1, p.45-58, 2007. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228680 . Acesso em: 20 mar. 2022.

BERLATO, Moacir Antonio; FONTANA, Denise Cybis. **El Niño e La Niña: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre (RS): Ed. UFRGS, 2003. 110p. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/El_Ni%C3%B1o_e_La_Ni%C3%B1a.html?id=QZwfAQAAIAAJ&redir_esc=y. Acesso em: 20 mar. 2022.

BUFFON, Elaiz Mensch; BINDA, Andrey Luis. Variabilidade no regime pluvial do Município de Abelardo Luz (SC) no período de 1958 a 2008: Interações entre Mecanismos de Teleconexão Decadal e Interanual. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.13, p.285-297, 2014. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33598/22595. Acesso em: 15 mar. 2022.

CAMARGO, Ângelo Paes de; SENTELHAS, Paulo Cesar. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1997/1997_RBAgro_5(1)_89-97_ETPM%E9todosSP.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

CASTELHANO, Francisco Jablinski; PINHEIRO, Gabriela Marques. **Anomalias de Chuvas e sua Relação com Partículas Totais em Suspensão em Curitiba/PR**. *In*: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física – SBGFA, v.1, p.2342-2353, 2017. Disponível em: https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2588. Acesso em: 14 mar. 2022.

CAI, Wenju *et al.* Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. **Nature Reviews Earth & Environment**, v.1, p.215–231, 2020. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s43017-020-0040-3. Acesso em: 25 mai. 2022.

CHECHI, Leonardo; SANCHES, Fabio de Oliveira. 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, n.6, p.1586-1597, 2013. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232940/26912. Acesso em: 27 abr. 2022.

COSTA JÚNIOR, Djailson Silva da *et al*. Variabilidade ambiental no município de Ibimirim, estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.31, p.565-610, 2022. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/15536/8934. Acesso em: 27 mar. 2022.

COSTA, Micejane da Silva, *et al.* Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.5, p.1321-1334, 2015. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233598/27190. Acesso em: 25 jun. 2022.

COSTA, Juliana Alcântara; SILVA, Djane Fonseca da. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.4, p.1002-1013, 2017. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/issue/view/2513. Acesso em: 25 fev. 2022.

CUNHA, Daniela Martins. Variabilidade das chuvas na bacia hidrográfica do rio doce –MG/ES no período de 1991 a 2017. 2019. 281f. Tese (Doutorado em Geografia) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), 2019.

DIAS, Luanna Costa; VALENTE, Alexandre Miguel da Cruz; FERNANDES, Lindemberg Lima. Análise e correlação de variáveis climatológicas com os fenômenos climáticos e a urbanização na cidade de Belém, no estado do Pará, região Norte do Brasil. **Research, Society and Development**, v.9, n.8, p.e972986790, 2020. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6790. Acesso em: 05 jun. 2022.

FIALHO, Edson Soares, SANTOS, Larissa Galvão Fontes dos. Unidades mesoclimáticas de Viçosa-MG, na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.31, n.18, p.230-258, 2022. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/15841. Acesso em: 25 mar. 2022.

FREITAS, Marcos Airton de Sousa. **A previsão de secas e a gestão hidroenergética: o caso da bacia do rio Parnaiba no Nordeste do Brasil**. *In:* Anais do Seminário Internacional Sobre Represas y Operación de Embalses, v.1, p.1-12, 2004. Disponível em: https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Marcos%20Airton%20de%20S.%20Freitas/Previs%E3o%20de%20Secas_Cacier3.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

FREITAS, Marcos Airton de Sousa. Um sistema de suporte a decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões Semiáridas. **Revista Tecnologia**, v.19, n.1, p.84-95, 2005. Disponível em: https://ojs.unifor.br/tec/article/view/1175. Acesso em: 15 mai. 2022.

GLANTZ, Michael H. Introduction. In: GLANTZ, M. H.; RICHARD, W. K.; NICHOLLS, N. **Teleconnection linking wordwide climate anomalies**. 1ª Ed. New York: Cambridge University, 2001. 527 p.

GOIS, Givanildo *et al*. Statistical normality and homogeneity of a 71-year rainfall dataset for the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.141, p.1573-1591, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-020-03270-9. Acesso em: 04 mai. 2022.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. ENSO Years based on Oceanic Niño Index (ONI). Disponível em: https://ggweather.com/enso/oni.htm. Acesso em: 20 de nov. 2022.

GONÇALVES, Pedro Vitor Lana; FIALHO, Edson Soares. **Análise da distribuição temporal da precipitação de 2004 a 2021 em Teixeiras (MG): contribuição para gestão territorial**. *In:* XIX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada (SBGFA), 2022, v.1. p.141-145. Disponível em: https://www.xixsbgfa.com.br/wp-content/uploads/2022/10/Listagem_de_trabalhos_Poster_XIX_SBGFA_site.pdf. Acesso em: 02 jun. 2022.

GRIMM, Alice Marlene; FERRAZ, Simone Erotildes Teleginski; GOMES, Julio. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.11, n.11, p.2863-2880, 1998. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/11/11/1520- 0442_1998_011_2863_paisba

_2.0.co_2.xml. Acesso em: 05 jun. 2022.

GRIMM, Alice Marlene; BARROS, Vicente Pereira de; DOYLE, Moira Evelina. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.13, n. 1, p. 35-58, 2000. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/13/1/1520-0442_2000_013_0035_cvissa

_2.0.co_2.xml. Acesso em: 25 jun. 2022.

GROSS, Joceli Augusto; CASSOL, Roberto. 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. Disponível em: https://revista.ufrr.br/rga/article/view/3012. Acesso em: 11 Mar. 2022.

GRUND, Simon; LÜDTKE, Oliver; ROBITZSC, Alexander. Multiple Imputation of Multilevel Missing Data: And Introduction to the R Package pan. **SAGE Open**, v.6, n.4, p.1-17, 2016. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2158244016668220. Acesso em: 25 jun. 2022.

HARRELL JUNIOR, Frank E. **Regression modeling strategies with applications to linear models, logistic regression and survival analysis**. 1ªEd. New York: Springer-Verlag, 2001. 474 p. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-19425-7. Acesso em: 14 Mai. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2019.** Rio de Janeiro: IBGE – Diretoria de Pesquisas, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/vicosa.html. Acesso em: 09 dez. 2022.

KAYANO, Mary Toshie *et al.* El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Revista Climanálise**, Edição Comemorativa de 30 anos, novembro, p.8-12, 2016. Disponível em: http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Kayanoetal.pdf. Acesso em 19 de jul. 2022.

KOUSKY, Vernon E.; KAYANO, Mary T. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. **Journal of Climate**, v.7, n.7, p.1131-1143. 1994. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/7/7/1520-0442_1994_007_1131_pmoolr_2_0_co_2.xml. Acesso em: 12 jun. 2022.

LAUREANTI, Nicole Cristine; GRIMM, Alice Marlene. **Diferença na distribuição de chuva sobre a América do Sul em fases opostas do El Niño Oscilação Sul na primavera**. *In:* Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH, v.1, p.1-10, 2019. Disponível em: https://anais.abrhidro.org.br/author.php?Author=29172. Acesso em: 15 jan. 2022.

LO PRESTI, Rossella; BARCA, Emanuele; PASSARELLA, Giuseppe. A methodology for treating missing data applied to daily rainfall data in the Candelaro River Basin (Italy). **Environmental Monitoring and Assessment**, v.160, n.4, p.1-22, 2010. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19096911/#:~:text=The%20proposed%20method%20consists%20in,coefficient%3B%20in%20the%20second%20stage. Acesso em: 05 jan. 2022.

MANIÇOBA, Rudah Marques *et al.* Índice de anomalias de chuva para diferentes mesorregiões do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.4, p.1110-1119, 2017. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1082984/indice-de-anomalias-de-chuva-para-diferentes-mesorregioes-do-estado-do-rio-grande-do-norte. Acesso em: 13 jan. 2022.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha *et al.* Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.16, n.4, p.157-167, 2011. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/18875/1/sazonalidade_chuva_mt.pdf. Acesso em: 25 abr. 2022.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; ROMERO, Vanessa. 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. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/zmZ5pNnyrF4BxbrNbhNbBKH/?lang=pt. Acesso em: 15 abr. 2022.

MARENGO, José Antonio (org.). **Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil**, 2010. Disponível em: https://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf. Acesso em: 10 fev. 2022.

MARENGO, José Antonio *et al.* Review recent developments on the South American monsoon system. **International Journal of Climatology**, v.32, n.1, p.1-21, 2012. Disponível em: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.2254. Acesso em: 25 jun. 2022.

MARIN, Fábio Ricardo; SENTELHAS, Paulo Cesar; NOVA, Nilson Augusto Villa. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña no clima de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n.1, p.123-129, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282090547_Influencia_dos_fenomenos_El_Nino_e_La_Nina_no_clima_de_Piracicaba_SP. Acesso em: 10 abr. 2022.

MONTEIRO, C.A.F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil.** 1969. Monografia (Instituto de Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 1969. 68p.

MORAES, Mariana de Paula Costa; NERY, Jonas Teixeira. Análise da variabilidade pluvial na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Paraíba do Sul (UGHRI-2). **Revista Brasileira de Climatologia**, v.14, p.264-274, 2014. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/36536. Acesso em: 25 jun. 2022.

NERY, Jonas Teixeira Nery; MALVESTIO, Leônidas. Natural Disasters in Southeastern Brazil Associated with the South Atlantic Convergence Zone. **Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions**, p.1-24, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.5194/nhess-2015-33. Acesso em: 08 dez. 2022.

NERY, Jonas Teixeira; MARTINS, Maria de Lourdes Orsini Fernandes; SANT'ANA, João Lima Neto. Variabilidade da precipitação no Brasil Meridional. **Acta Scientiarum Technology**, v.24, n.6, p.1687-1695, 2002. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/307698496_Variabilidade_da_precipitacao_no_Brasil_Meridional. Acesso em: 10 dez. 2022.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **Cold and warm episodes by season**. 2022. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 10 dez. 2022.

NOVAIS, Giuliano Tostes. Distribuição média dos Climas Zonais no Globo: estudos preliminares de uma nova classificação climática. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.5, p.1614, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.26848/rbgf.v.10.5.p1614-1623. Acesso em: 10 dez. 2022.

NOVAIS, Giuliano Tostes; MACHADO, Lilian Aline. Os Climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.32, n.19, p. 1-39, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163. Acesso em: 10 dez. 2022.

OLIVEIRA JUNIOR, José Francisco *et al*. Análise da precipitação e sua relação com sistemas meteorológicos em Seropédica, Rio de Janeiro. **Revista Floresta e Ambiente**, v.21, n.2, p.140-149, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.4322/floram.2014.030. Acesso em: 10 dez. 2022.

PEREIRA, Vágna da Costa *et al*. Influência dos eventos El Niño E La Niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, p.1-13, 2011. Disponível em: https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/4502. Acesso em: 10 dez. 2022.

PEREIRA, Gabriel *et al*. Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.18, n.3, p.139-148, 2013. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/109/d048c00bdaedc63c049413cff59b4209_55d02d0208b13874ecb3648e589459c0.pdf. Acesso em: 10 dez. 2022.

PEREIRA, Gabriel *et al*. Variabilidade da precipitação no estado de Minas Gerais no período de 1981 a 2017. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.29, p.213-229, 2018. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/61028/36763. Acesso em: 13 dez. 2022.

PISCIOTTANO, Gabriel *et al.* El Niño-Southern Oscillation impact on rainfall in Uruguay. **Journal of Climate**, v.7, n.8, p.1286-1302, 1994. Disponível em: https://doi.org/10.1175/1520-0442(1994)007<1286:ENSOIO>2.0.CO;2. Acesso em: 15 dez. 2022.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. 2022. R Foundation for Statistical Computing, Vienna (Áustria).

REBOITA, Michelle Simões *et al.* Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/41493/27319. Acesso em: 20 dez. 2022.

REBOITA, Michelle Simões *et al.* The South Atlantic subtropical anticyclone: present and future climate. **Frontiers in Earth Science**, v.7, n.8, 2019. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2019.00008/full. Acesso em: 21 out. 2022.

ROOY, M.P.V. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos**, v.14, p.43-48, 1965. Disponível em: https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2321398. Acesso em: 16 out. 2022.

ROSA, Eliana Bertol; PEZZI, Luciano Ponzi; QUADRO, Mario Francisco Leal de; BRUNSELL, Nathaniel. Automated detection algorithm for SACZ, Oceanic SACZ and their climatological features. **Frontiers in Environmental Science**, v.8, n.18, p.1-15, 2020. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2020.00018/full. Acesso em: 01 out. 2022.

SANCHES, Fabio de Oliveira; VERDUM, Roberto; FISCH, Gilberto. 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. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26423. Acesso em: 10 set. 2022.

SANATA, Marcos Oliveira *et al.* Caracterização da estação chuvosa para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.15, n.1, p.114-120, 2007. Disponível em: http://www.sbagro.org/files/biblioteca/3986.pdf. Acesso em: 05 set. 2022.

SILVA, Esmeraldo David da; REBOITA, Michelle Simões. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais - MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.13, p.120-136, 2013. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13731?articlesBySameAuthorPage=3. Acesso em: 06 out. 2022.

SANTOS, Diego Felipe dos; REBOITA, Michelle Simões. Jatos de baixos níveis a leste dos Andes: Comparação entre duas reanálises. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, p.423-445, 2018. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/47595/35346. Acesso em: 01 out. 2022.

SILVA, Wanderson Luiz Silva; DERECZYNSKI, Claudine Pereira. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)**, v.37, n.2, p.123-138, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Wanderson-Silva-2/publication/277615050_Caracterizacao_Climatologica_e_Tendencias_Observadas_em_Extremos_Climaticos_no_Estado_do_Rio_de_Janeiro/links/56c8c3b608ae11063707893d/Caracterizacao-Climatologica-e-Tendencias-Observadas-em-Extremos-Climaticos-no-Estado-do-Rio-de-Janeiro.pdf. Acesso em: 02 out. 2022.

SILVA, Gyrlene Aparecida Mendes da; AMBRIZZI, Tércio. Inter-El Niño variability and its impact on the South American low-level jet east of the Andes during austral summer - two

case studies. **Advances in Geosciences**, v.6, p.283-287, 2006. Disponível em: https://adgeo.copernicus.org/articles/6/283/2006/. Acesso em: 15 out. 2022.

SILVA, Gyrlene Aparecida Mendes da; AMBRIZZI, Tércio; MARENGO, José Antonio. Observational evidences on the modulation of the South American Low Level Jet east of the Andes according the ENSO variability. **Annales Geophysicae**, v.27, n.2, p.645-657, 2009. Disponível em: https://angeo.copernicus.org/articles/27/645/2009/. Acesso em: 01 set. 2022.

SILVA, Gyrlene Aparecida Mendes da; AMBRIZZI, Tércio. Summertime moisture transport over Southeastern South America and extratropical cyclones behavior during inter-El Niño events. **Theoretical and Applied Climatology**, v.101, n.3-4, p.303-310, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00704-009-0218-6. Acesso em: 08 out. 2022.

SILVA, Gyrlene Aparecida Mendes da; DRUMOND, Anita; AMBRIZZI, Tércio. The impact of El Niño on South American summer climate during different phases of the Pacific Decadal Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v.106, n.3-4, p.307-319, 2011. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-011-0427-7. Acesso em: 01 out. 2022.

SOBRAL, Bruno Serafini *et al.* Variabilidade espaço-temporal e anual da chuva no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, n.1, p.281-308, 2018. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/55592/35170 . Acesso em: 05 out. 2022.

ANA, *et al.* Souza. Análise do índice de anomalia de chuvas do município de Tucuruí-PA. **Enciclopédia Biosfera**, v.17, n.32, p.60-71, 2020. Disponível em: https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/15. Acesso em: 08 out. 2022.

SOUZA, Edson de Oliveira. *et al.* Estimativa e espacialização da erosividade em mesorregiões climáticas no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.35, n. (Spe), p.769-783, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/x7Cf34cC3SB5HjTKPRM53Xt/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 10 set. 2022.

SOUSA, Jorge Washington; ANDRADE, Ana Vanessa Cabral.; COSTA, Douglas Batista da. Análise de episódios El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a variabilidade interanual de chuvas em Rio Branco, Acre, intervalo 1971-2010. **Scientia Naturalis**, v.3, n.5, p.2260-2272, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5281. Acesso em: 11 out. 2022.

STEINSKOG, Dag. J.; TJOSTHEIM, Dag. B.; KVAMSTO, Nil. G. A cautionary note on the use of the Kolmogorov–Smirnov test for normality. **Monthly Weather Review**, v.135, n.3, p.1151-1157, 2007. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/A-Cautionary-Note-on-the-Use-of-the-Test-for-Steinskog-Tj%C3%B8stheim/5b05553f84fcc9efe401ff85b0cd3218fb1

575da. Acesso em: 15 out. 2022.

SUN, Xiaoming; COOK, Kerry H.; VIZY, Edward K. The South Atlantic subtropical high: climatology and interannual variability. **Journal of Climate**, v.30, n.9, p.3279-3296, 2017.

Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/30/9/jcli-d-16-0705.1.xml. Acesso em: 21 out. 2022.

SVENSSON, Cecilia; HANNAFORD, Jamie.; PROSDOCIMI, Ilaria. Statistical distributions for monthly aggregations of precipitation and streamflow in drought indicator applications. **Water Resources Research**, v. 53, n. 2, p. 999-1018, 2017. Disponível em: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016WR019276 . Acesso em: 01 out. 2022.

TAVARES, Camila de Moraes Gomes *et al*. O uso do índice de anomalia de chuva (IAC) em Juiz de Fora – Minas Gerais. **Revista Equador**, v.10, n.1, p.222-244, 2021. Disponível em: https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/12207/7481. Acesso em: 03 nov. 2022.

TEDESCHI, Renata Gonçalves; GRIMM, Alice Marlene; CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque. Influence of Central and East ENSO on extreme events of precipitation in South America during austral spring and summer. **International Journal of Climatology**, v.35, n.8, p.2045-2064, 2015. Disponível em: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/joc.4106. Acesso em: 01 out. 2022.

TEDESCHI, Renata Gonçalves; COLLINS, Matthew. The influence of ENSO on South American precipitation during austral summer and autumn in observations and models. **International Journal of Climatology**, v.36, n.2, p.618-635, 2016. Disponível em: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.4371 . Acesso em: 13 out. 2022.

VIEGAS, *et al.* Juarez. Caracterização dos diferentes tipos de El Niño e seus impactos na América do Sul a partir de dados observados e modelados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.34, n.1, p.43-67, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/drNXMcHG5vdX8WV9bc6Vxcv/?lang=pt. Acesso em: 01 out. 2022.

WILLMOTT, Cort J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, n.2, p.184-194, 1981. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02723646.1981.10642213 . Acesso em: 01 out. 2022.

ZANDONADI, Leandro *et al.* Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River Basin). **Theoretical and Applied Climatology**, v.119, n.1, p.741-756, 2016. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-015-1391-4. Acesso em: 01 out. 2022.