

Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na Região Norte do estado do Espírito Santo: uma análise nas bacias hidrográficas dos rios Mucuri, Itaúnas e São Mateus

O presente estudo apresenta uma análise dos índices de anomalia de chuva nas bacias hidrográficas dos rios Itaúnas/Mucuri e rio São Mateus, na região norte do estado do Espírito Santo, Brasil. Foram selecionadas 9 estações climatológicas disponíveis na rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As séries históricas utilizadas foram trabalhadas entre os anos de 1989 e 2019. Foi realizada a caracterização da precipitação pluviométrica e a da determinação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Os resultados mostraram que a menor precipitação média anual observada foi de 760,3 mm e a maior de 1.225,3 mm. Os meses mais secos são de maio a setembro. Quanto a caracterização das precipitações e a determinação do grau de severidade dos períodos secos e úmidos através o cálculo IAC, verificou-se uma heterogeneidade na disposição das anomalias positivas e negativas na maioria das estações estudadas. Os anos de 1991, 1992, 1998 e 2015 apresentaram maiores valores absolutos do IAC, provavelmente, sob a interferência da atuação do fenômeno El Niño de alta intensidade. O fenômeno La Niña, a partir da análise empreendida, não afetou de modo significativo a região do norte do Espírito Santo no período estudado. Verifica-se que a análise da precipitação e os resultados de anomalia de chuvas encontrados podem contribuir para um planejamento hídrico mais estratégico para a região norte do Espírito Santo, visando melhor aproveitamento dos recursos hídricos, mitigação e prevenção de danos socioambientais decorrentes da variação histórica de precipitação regional.

Palavras-chave: Anomalia; Chuva; Bacias Hidrográficas; Espírito Santo; Precipitação.

Rain Anomaly Index (IAC) in the Northern Region of the state of Espírito Santo: an analysis of the hydrographic basins of the mucuri, Itaúnas and São Mateus rivers

This study presents an analysis of rainfall anomaly indices in the watersheds of the Itaúnas/Mucuri and São Mateus rivers, northern of Espírito Santo, Brazil. This study focuses on 9 climatological stations available in the National Institute of Meteorology (INMET) and was based on historical data from 1989 to 2019. First, this study collected precipitation data and then determined the Rain Anomaly Index (IAC) using equations. The lowest result of the annual precipitation surveyed was 760.3 mm, and the highest was 1.225.3 mm. The driest months are from May to September. About the characterization of rainfall and the determination of the degree of severity of dry and wet periods through the IAC calculation, there was heterogeneity in the arrangement of positive and negative anomalies in most stations studied. The years 1991, 1992, 1998, and 2015 showed higher absolute values of the IAC, probably due to the interference of the high intensity El Niño phenomenon. The La Niña phenomenon, based on the analysis undertaken, did not significantly affect the northern region of Espírito Santo in the period studied. This research ensures that the analysis of precipitation and rainfall anomaly results can contribute to a more strategic water planning for the northern region of Espírito Santo, improve the use of water resources, and helps to mitigate and prevents socio-environmental damage.

Keywords: Anomaly; Rain; Watersheds; Espírito Santo; Precipitation.

Topic: **Meteorologia, Climatologia e Mudanças Climáticas**
Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **05/08/2021**
Approved: **24/08/2021**

Izabela Tereza Rodrigues Ferreira 
Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8009073800814235>
<http://orcid.org/0000-0003-4840-9545>
izabela01@msn.com

Marcela de Barros Riccio 
Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1139025745975787>
<http://orcid.org/0000-0002-5742-2816>
marceladebarrosriccio@gmail.com

Ana Carolina Miranda Lopes de Almeida 
Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9597594198546753>
<http://orcid.org/0000-0003-0401-5448>
anacarolina.mlalmeida@gmail.com

Ângelo Wander Ferreira Teixeira 
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4033748322127321>
<http://orcid.org/0000-0002-2909-6232>
awftbrasil@gmail.com

Renata Batista Ribeiro 
Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9927961667170981>
<http://orcid.org/0000-0002-7856-6659>
re_batista@yahoo.com.br

Joyce Mariana Pereira 
Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8963947025914201>
<http://orcid.org/0000-0002-5256-4583>
p-joyce@hotmail.com

Alisson Souza de Oliveira 
Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6716188774645620>
<https://orcid.org/0000-0001-7885-9542>
alissonso@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0017

Referencing this:

FERREIRA, I. T. R.; RICCIO, M. B.; ALMEIDA, A. C. M. L.; TEIXEIRA, A. W. F.; RIBEIRO, R. B.; PEREIRA, J. M.; OLIVEIRA, A. S.. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na Região Norte do estado do Espírito Santo: uma análise nas bacias hidrográficas dos rios Mucuri, Itaúnas e São Mateus. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.8, p.174-183, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0017>

INTRODUÇÃO

O assunto escassez hídrica tem estado cada vez mais em foco no cenário nacional e internacional, em especial na última década. Um fator que contribui de forma substancial para essa escassez é a falta de gerenciamento adequado e eficaz dos recursos naturais. A falta da disponibilidade hídrica impacta nas atividades agrícolas, industriais, na geração de energia, nos ecossistemas, com perdas que podem acarretar a queda de até 6% do Produto Interno Bruto (PIB) em algumas regiões do mundo (REIS, 2017).

Uma das formas preventivas encontradas para o adequado gerenciamento das atividades econômicas, industriais e agrícolas de uma região, enquanto consumidoras da água, se dá através da medição os índices de anomalias de chuvas, pois, além de ser de fácil aplicabilidade, requerendo apenas dados pluviométricos, é também bastante preciso se comparado a outros índices (ELESBON, 2009).

O índice de anomalia de chuva (IAC) desenvolvido por Van Rooy (1965) e adaptado por um autor em 2005 deve ser compreendido como uma ferramenta que analisa a variabilidade das precipitações em determinado local durante um determinado período, extraindo-se do cálculo a percepção que permite verificar o desvio da precipitação em relação à condição normal da região (anomalias positivas e negativas).

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho analisar o Índice de Anomalia de Chuva e a caracterização da precipitação pluviométrica na região norte do Estado do Espírito Santo, localizada nas Inter bacias dos rios Itaúnas/rio Mucuri e rio São Mateus.

MATERIAIS E MÉTODOS

Característica das Bacias Hidrográficas dos rios Mucuri, Itaúnas e São Mateus

O estado do Espírito Santo encontra-se na zona Tropical Central, com clima quente e predominantemente úmido, sem uma estação fria definida. A bacia hidrográfica do rio Mucuri está inserida na mesorregião do Vale do Mucuri e possui uma área de drenagem de 15.413 km³, abrangendo os estados de Minas Gerais, Bahia, e pequena parte do Espírito Santo. Faz limite com as bacias do rio Jequitinhonha, ao norte, e as bacias do rio Doce, São Mateus e Itaúna, ao sul.

A Bacia Hidrográfica do rio Itaúnas se enquadra como clima tropical, com inverno seco e temperaturas médias acima dos 18°C, e clima tropical úmido. Podemos destacar que o índice de vegetação nativa nesta bacia é baixo.

Já a Bacia Hidrográfica do rio São Mateus, de onde se verifica a maior área que compõe o objetivo desse estudo está localizada na região norte do estado do Espírito Santo, abrangendo os municípios Vila Pavão, Barra de São Francisco, Água Doce do Norte e Ecoporanga e parte dos municípios de Conceição da Barra, São Mateus, Jaguaré, Boa Esperança, Nova Venécia, Mantenópolis e Ponto Belo, apresentando população estimada de 342.227 habitantes.

A Bacia Hidrográfica do rio São Mateus se enquadra na categoria de clima tropical úmido ou subúmido, apresentando temperaturas médias acima de 18°C. As características quanto à cobertura vegetal são semelhantes à da Bacia Hidrográfica do rio Itaúnas. Os limites das Ottobacias de número 7597 e 7598,

podem ser visualizadas na Figura 1.

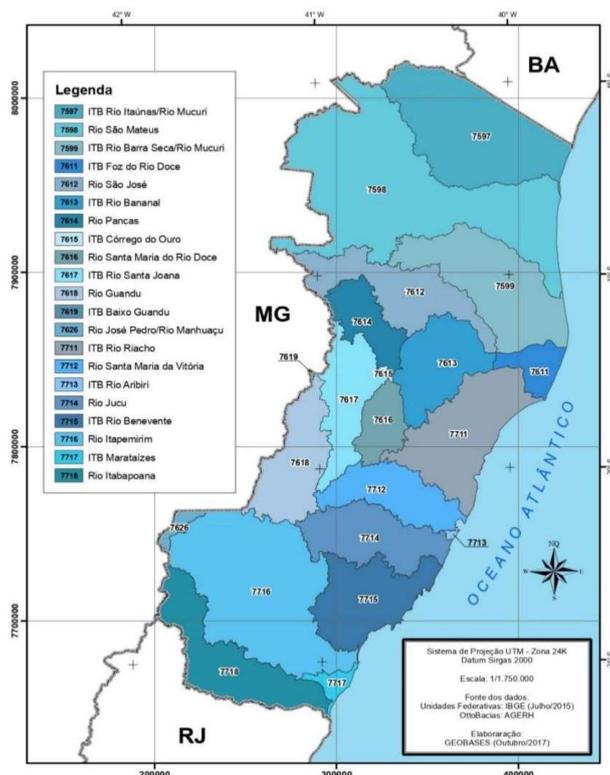


Figura 1: Divisão das Ottobacias nível 4 do estado do Espírito Santo.

Base de dados, período selecionado e tratamento de dados

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados mensais de precipitação de 9 Estações Climatológicas pertencentes à rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distribuídas ao longo das bacias hidrográficas dos rios Itaúnas/Mucuri e rio São Mateus, na região norte do estado do Espírito Santo, Brasil, compreendendo os períodos entre 1989 e 2019, totalizando 31 anos de dados. A distribuição as estações utilizadas podem ser visualizadas na Figura 2.

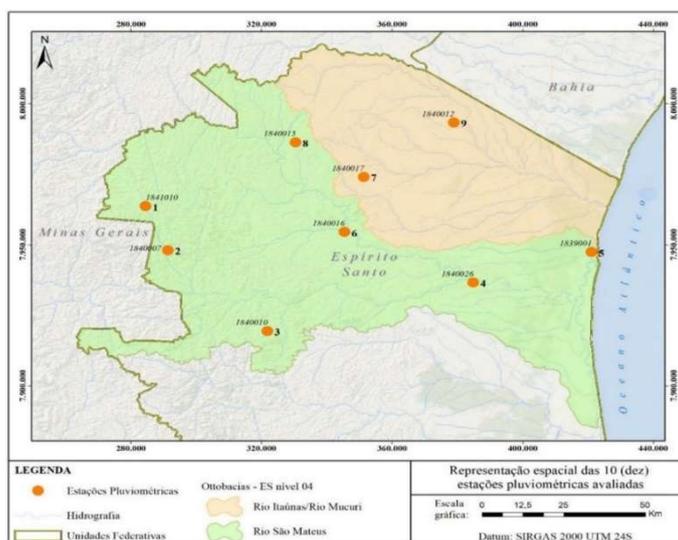


Figura 2: Distribuição espacial das estações na região de estudo.

A Tabela 1, demonstra o ordenamento estipulado para cada estação estudada no período de 1989 a 2019, bem como sua respectiva nomenclatura, município, coordenadas geográficas e código de identificação de acordo com a ANA – Agência Nacional das Águas.

Tabela 1: Ordenamento das 9 estações avaliadas entre o período de 1989 a 2019.

ID	Estação	Município	Latitude	Longitude	Código
1	Santo Agostinho	Barra de São Francisco	-184,061°	-41,040°	1841010
2	Água Doce	Água Doce do Norte	-185,481°	-409,764°	1840007
3	Cedrolândia	Nova Venécia	-188,097°	-406,906°	1840010
4	Boca da Vala	São Mateus	-186,586°	-400,911°	1840026
5	Conceição da Barra	Conceição da Barra	-185,622°	-397,472°	1839001
6	Patrimônio XV	Nova Venécia	-184,942°	-404,642°	1840016
7	São João do Sobrado	Pinheiros	-183,186°	-404,067°	1840017
8	Patrimônio Santa Luzia do Norte	Ecoporanga	-182,056°	-406,033°	1840015
9	Fazenda Limoeiro	Montanha	-181,456°	-401,439°	1840012

ID – Identificação.

Para verificação de possíveis falhas, o programa utilizado para agrupamento dos dados foi o Excel®. Foi analisado, primeiramente, os dados de nível 1 (dados não consistidos), posteriormente, os dados consistidos com nível 2. As estações possuem dados consistidos do ano de 1989 a 2005, com exceção do ano de 2003. A Estação 4 possui dados consistidos de 1997 a 2005, com exceção do ano de 2003.

A Estação 4 não possui dados de chuvas entre os anos de 1989 e 2001. O ano de 2002 possui dados apenas nos meses de outubro, novembro e dezembro. Tendo em vista que essa estação possui dados de chuva com período superior a 15 anos, foi incluída no trabalho. No programa Excel®, os dados obtidos foram agrupados mês a mês para melhor comparação das estações próximas. Para correção das falhas, foi utilizado o método do Vetor de Ponderação Regional, que possui a seguinte equação:

$$Px = \frac{Nx}{n} \sum_i^n \left(\frac{Pi}{Ni} \right) \quad 01$$

Onde, Px = precipitação a ser estimada para o ponto x; Pi = precipitação correspondente ao mês ou ano observados nas estações vizinhas; Ni = são as respectivas precipitações médias nas estações vizinhas; Nx = precipitação média mensal ou anual do posto x; n = nº de postos vizinhos.

A identificação das falhas foi realizada por observação dos meses que possuíam valores menores que ou iguais a 1mm ou sem valor. Foram revistos todos os valores com essa condição, inclusive os dados consistidos. Ao avaliar o mês de maio dos anos de 2008 e 2016, os dados de chuva estiveram próximos a zero na maioria das estações. Com isso, verificou-se que se trata de um período de seca para esse mês, nos anos em questão, sendo mantidos os valores brutos. O mesmo ocorreu para o mês de junho, dos anos de 1997, 1998 e 2003. As falhas observadas somam 138, conforme descrito por estação na Tabela 2.

Tabela 2: Falhas quantificadas para as estações selecionadas.

Nome da estação	Falhas quantificadas
Santo Agostinho	11
Água Doce	07
Cedrolândia	06
Boca da Vala	17
Nome da estação	Falhas quantificadas
Conceição da Barra	07
Patrimônio XV	24
São João do Sobrado	36

Patrimônio Santa Luzia do Norte	12
Fazenda Limoeiro	18
Total	138

Índice de Anomalia de Chuva

De posse dos dados revisados, aplicou-se a metodologia sugerida por Van Rooy (1965) e adaptada por um autor em 2004, que permite a verificação das anomalias positivas e negativas das estações trabalhadas:

$$IAC_{positivo} = 3 * \left[\frac{(N - N_1)}{(M - N_1)} \right] \quad 02$$

$$IAC_{negativo} = 3 * \left[\frac{(N - N_1)}{(X - N_1)} \right] \quad 03$$

Em que, N = precipitação observada do ano em que será gerado o IAC (mm); N1 = precipitação média anual da série histórica (mm); M = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); X = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Com os resultados de IAC obtidos, foi possível fazer a separação por classes, conforme a metodologia de Santos et al. (2015), descrita na tabela 3.

Tabela 3: Classes do Índice de Anomalia de Chuva.

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

Os resultados obtidos foram correlacionados aos anos de ocorrência dos eventos de *El Niño* e *La Niña* e serão apresentados um pouco mais a frente neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caraterização da precipitação pluviométrica

Ao se analisar a Tabela 4, percebe-se que as estações possuem valores aproximados no que se refere a média total precipitada anualmente, que vai de 941,3 mm a 1225,3 mm, com exceção da estação 9, que possui uma média total de 760,3 mm. Também é possível identificar as épocas mais chuvosas que são: janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro. Os meses maio, junho, julho, agosto e setembro, demonstraram ser períodos mais secos do ano. A média mensal da precipitação é da ordem de 85,9 mm. Na Figura 3 é possível visualizar o comportamento da precipitação na região de estudo.

Tabela 4: Precipitação média em mm, das estações avaliadas, entre os anos de 1989 e 2019.

Mês/ Estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Janeiro	138	149,7	136,1	89,8	92,9	127,6	114,5	126,1	80,7
Fevereiro	101,9	107,8	97,6	81,3	74,7	88,1	74,9	82,6	67,1
Março	130,5	145,7	130,8	113,9	110,9	114,6	114,6	118	80,2
Abril	77,5	76,4	67,3	77,5	119,5	77,5	74,2	81,2	53
Maio	33,7	36,2	34,4	35,4	67,9	34,3	37,4	31,7	35,2
Junho	26,4	28	27,8	38,1	58	31	31,4	28,4	29,7

Julho	28,4	34,1	27,8	36,1	74,6	28,5	36,9	33,3	38
Agosto	29,8	32,1	32,8	38,1	72,8	32,8	33,8	35,3	26,7
Setembro	30,5	30,9	36,3	36	72,2	29,2	32,4	30,3	34,6
Outubro	83,8	79,7	88,3	71,2	104,9	78,8	77	76,5	60,5
Novembro	186,3	197,2	194,9	171,5	216,6	158,3	179,7	182,4	127,7
Dezembro	217,3	230,6	234,5	152,3	160,4	205,7	189,1	184,6	126,9
Total anual	1084,1	1148,3	1108,6	941,3	1225,3	1006,3	995,8	1010,5	760,3

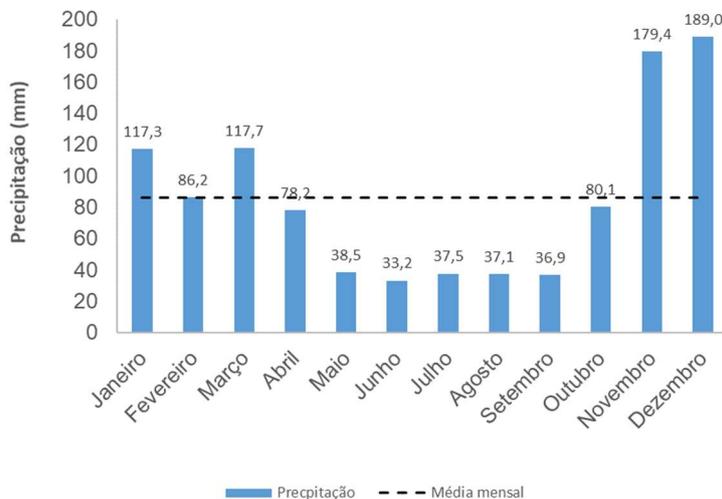


Figura 3: Comportamento da precipitação média mensal na região em estudo.

O cálculo do IAC das estações estudadas no estado do Espírito Santo permitiu-nos avaliar o comportamento das precipitações nessas regiões.

Na Figura 4, para a estação Santo Agostinho, é possível observar que dois anos (1992 e 2005) foram considerados extremamente úmidos ($IAC > 4$), três anos (1991, 2004 e 2009) considerados muito úmidos ($2 < IAC < 4$), oito anos (1989, 1999, 2000, 2002, 2006, 2011, 2013 e 2018) foram considerados úmidos ($0 < IAC < 2$). Apresentaram anomalias negativas os anos de 1994, 1995, 1997, 2008, 2010, 2012, 2016 e 2017 considerados secos ($-2 < IAC < 0$). Os anos de 1990, 1993, 1996, 1998, 2001, 2003, 2007, 2014 e 2019 foram considerados muito secos ($-4 < IAC < -2$), totalizando 9 anos. E por fim, o ano de 2015 foi considerado extremamente seco ($IAC < -4$).

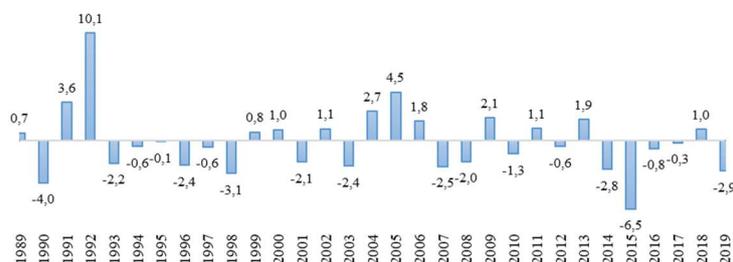


Figura 4: Índice de Anomalia de Chuva para a estação Santo Agostinho, anos de 1989 a 2019.

A estação Água Doce (Figura 5) apresentou dois anos (1991 e 1992) extremamente úmidos, 6 anos (2002, 2004, 2005, 2006, 2009 e 2018) muito úmidos e 8 anos (1989, 1994, 1995, 2000, 2010, 2011, 2012 e 2013) úmidos. Com anomalias negativas, a estação apresentou 2 anos (1998, 2015) extremamente secos, 8 anos muito secos (1990, 1996, 1997, 2001, 2002, 2007, 2014 e 2019) e 5 anos secos (1993, 1999, 2008, 2016 e 2017).

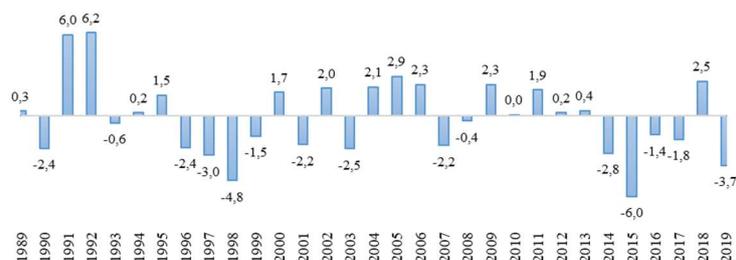


Figura 5: Índice de Anomalia de Chuva para a estação Água Doce, anos de 1989 a 2019.

As estações Santo Agostinho e Água Doce (Figura 4 e 5, respectivamente) possuem algumas semelhanças como o ano de 1992, extremamente úmido, 2005 como extremante seco, os anos de 2001, 2003 e 2007 como muito secos, entre outras semelhanças. Esse fato ocorreu provavelmente pela proximidade geográfica entre essas estações (Figura 2).

Na estação Cedrolândia (Figura 6) houve apenas um ano extremamente úmido (1992), 7 anos muito úmidos e outros 7 anos úmidos. Em relação às anomalias negativas, observamos 2 anos extremante secos, 6 anos muito secos e 8 anos secos. Sendo assim, houve um equilíbrio e variabilidade entre anomalias positivas e negativas. Na maioria das estações, observamos uma variabilidade entre anomalias positivas e negativas, ou seja, houve bastante oscilação do índice. Santos et al. (2015) afirmam que essa variabilidade, ou seja, a redução no intervalo entre anos secos consecutivos intercalados por ano chuvoso favorece o abastecimento de água nas bacias.

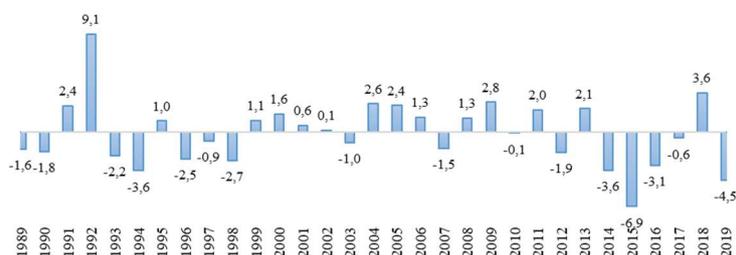


Figura 6: Índice de Anomalia de Chuva para a estação Cedrolândia, anos de 1989 a 2019.

Diferentemente da maioria das estações, nas estações Boca da Vala (Figura 7) e Conceição da Barra (Figura 8), houve um longo período consecutivo (entre 1989 e 1998, exceto 1992) de anomalias negativas. Na estação Boca da Vala (Figura 7), logo após esse período de anomalias negativas, houve um longo período consecutivo de anomalias positivas (1999 a 2013), sendo que os anos de 2000 e 2005 foram classificados como extremantes úmidos (IAC > 4).

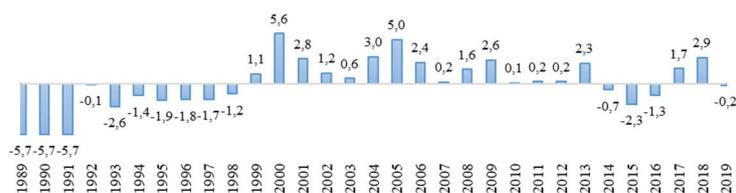


Figura 7: Índice de Anomalia de Chuva para a estação Boca da Vala, anos de 1989 a 2019.



Figura 8: Índice de Anomalia de Chuva para a estação Conceição da Barra, anos de 1989 a 2019.

As estações Patrimônio XV (Figura 9), São João do Sobrado (Gráfico 10) e Patrimônio Santa Luzia do Norte (Gráfico 11) estão localizadas geograficamente mais ao centro na região estudada (Figura 2), porém localizadas em ottobacias diferentes. Na estação Patrimônio XV, foram classificados 2 anos extremamente úmidos, 5 anos muito úmidos, 7 anos úmidos, 7 anos secos, 9 anos muito secos e 1 ano extremamente seco. A estação São João do Sobrado foram 2 anos extremamente úmidos, 6 anos muito úmidos, 7 anos úmidos, 6 anos secos, 7 anos muito secos e 3 anos extremamente secos. Já a estação Patrimônio Santa Luzia do Norte foram 3 anos extremamente úmidos, 2 anos muito úmidos, 8 anos úmidos, 8 anos secos, 7 anos muito secos e 3 anos extremamente secos.

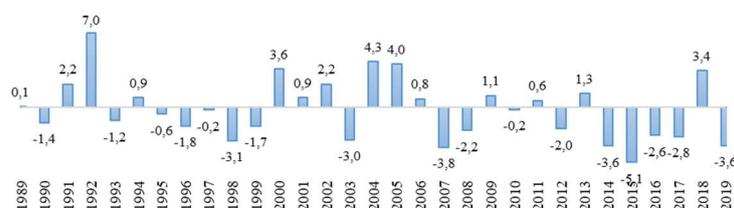


Figura 9: Índice de Anomalia de Chuva para a estação Patrimônio XV, anos de 1989 a 2019.

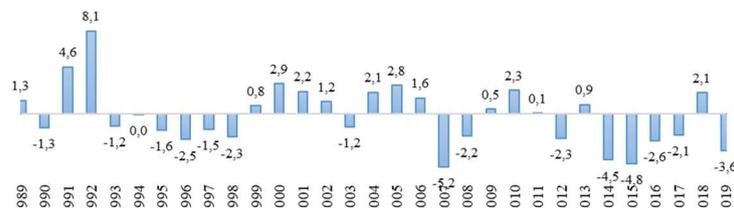


Figura 10: Índice de Anomalia de Chuva para a estação São João do Sobrado, anos de 1989 a 2019.

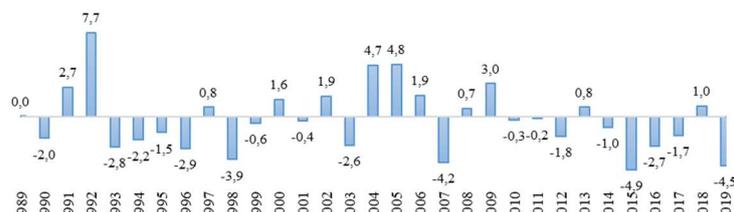


Figura 11: Índice de Anomalia de Chuva para a estação Patrimônio Santa Luzia do Norte, anos de 1989 a 2019.

Na estação Fazenda Limoeiro (Figura 12) há um longo período consecutivo de anomalias negativas, de 2006 a 2019, com a maioria dos anos classificados como muito secos ($-4 < IAC < -2$), além de dois períodos consecutivos de anomalias positivas (1989 a 1995 e 1999 a 2002). Essa estação está localizada mais ao norte do estado do Espírito Santo e possui uma menor precipitação média anual (63,4 mm) entre as estações estudadas nesse trabalho (Tabela 1).

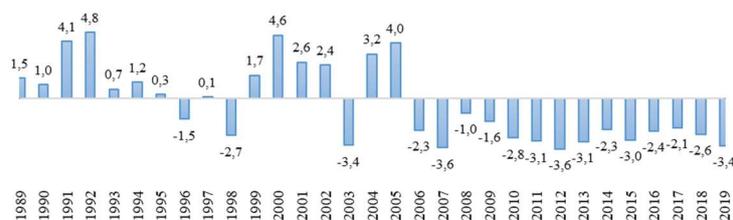


Figura 12: Índice de Anomalia de Chuva para a estação Fazenda Limoeiro, anos de 1989 a 2019.

O comportamento das precipitações observadas nas estações estudadas provavelmente possui influência do fenômeno ENOS. Segundo Oliveira (2001), o ENOS (El Niño Oscilação Sul) refere-se a mudanças na média normal histórica da temperatura do oceano Pacífico Equatorial, para mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña). A mudança na temperatura do oceano Pacífico Equatorial acarreta efeitos globais na temperatura e precipitação.

Segundo Limberger et al. (2016), o fenômeno ENOS pode correlacionar-se a prolongados períodos de chuvas ou a períodos de seca, ambos trazendo danos socioambientais como alagamentos, deslizamentos, deficiência hídrica, entre outros.

Dentro desse contexto, podemos destacar o ano de 2015, em que na maioria das estações estudadas foi classificado como extremamente seco e, justamente neste ano, ocorreu o ápice do fenômeno El Niño. O ano de 1998, com anomalias negativas, também coincide com o fenômeno de El Niño. Os anos de 1991 e 1992 também são considerados como anos de El Niño e, na maioria das estações estudadas, esses anos foram classificados como extremamente úmidos ou muito úmidos.

Não foi encontrada nenhuma relação entre os anos de ocorrência do La Niña com alterações extremas no IAC. Segundo Oliveira (2001), alguns dos impactos de La Niña tendem a ser opostos aos de El Niño, mas nem sempre uma região afetada pelo El Niño apresenta impactos significativos no tempo e clima devido à La Niña. Contudo, mais estudos são necessários para melhor analisar a existência de correlação entre o fenômeno ENOS e as alterações do regime de chuva, bem como analisar outros padrões que podem influenciar nesses acontecimentos.

Comparando as estações estudadas, o período de 2014 a 2016, visualiza-se uma sequência de anos com IAC negativo para todas as estações. De acordo com Melo et al. (2018), anos consecutivos de seca, acarretam sérios impactos negativos perante o setor hidrelétrico, produção agrícola, disponibilidade hídrica, dentre outros usos essenciais para o pleno desenvolvimento econômico regional. Não menos importante, fatores ecossistêmicos como a fauna e a flora, também são seriamente afetados períodos longos de estiagem.

Em sentido oposto, os anos de 2004 e 2005, houve uma sequência de anos com IAC positivo para todas as estações estudadas. Geralmente, anos chuvosos são favoráveis para desenvolvimento econômico e ambiental. Entretanto, muita pluviosidade poderá acarretar enchentes e deslizamentos, principalmente em áreas urbanizadas. O excesso de água provoca também danos irreversíveis a diversas culturas agrícolas (MELO et al., 2018).

Com o presente estudo, é possível constatar que a análise da precipitação e os resultados de anomalia chuvosas encontrados podem contribuir para um planejamento hídrico mais estratégico para a

região norte do Espírito Santo, visando melhor aproveitamento dos recursos hídricos, mitigação e prevenção de danos socioambientais decorrentes da variação histórica de precipitação regional.

CONCLUSÕES

A análise do IAC demonstrou anos classificados em anomalias positivas (úmidos) ou anomalias negativas (secas), das nove estações estudadas. Na maioria destas, percebeu-se uma heterogeneidade na disposição das anomalias positivas e negativas. Todas as estações estudadas possuem anos classificados como extremamente úmidos ou secos.

Entre os anos com os maiores valores absolutos do IAC, destacaram-se os anos com ocorrência do fenômeno *El Niño* forte (1991, 1992, 1998 e 2015). Já o fenômeno *La Niña* não afetou de modo significativo a região do norte do Espírito Santo no período de 1989 a 2019.

A estação localizada mais ao norte (estação 09 - Fazenda Limoeiro) da região de estudo apresentou a menor precipitação média anual dos anos de 1989 a 2019 (63,4 mm). Em outro extremo de intensidade, a estação localizada no litoral (estação 05 - Conceição da Barra) apresentou maior precipitação média anual dos anos de 1989 a 2019 (102,1 mm). Comparando todas as estações estudadas, em média, os meses mais secos são de maio a setembro e os demais meses mais chuvosos.

REFERÊNCIAS

ELESBON, A. A. A.; SILVA, D. D.; CAIXETA, S. P.; CASTRO JUNIOR, W. L.; CONTIN, F. S.; MARQUES, F. A.. Otto-Codificação da Bacia do Rio São Mateus a partir de dados da SRTM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18. **Anais**. Campo Grande, 2009.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S.. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **GEOUSP Espaço e Tempo**, v.20, n.3, p.657-675, 2016. DOI: <http://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2016.105393>

MELO, V. S.; BEZERRA, V. R.; LIMA, L. M.. Classificação precipitação da microrregião de Catolé do Rocha no estado da Paraíba usando Índice de Anomalias de Chuva (IAC). **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.6, p.1075-1083, 2018.

OLIVEIRA, G. S.. **O El Niño e Você**: o fenômeno climático. São José dos Campos: Transtec, 2001.

REIS, A. M.. Efetividade da Gestão e Governança Hídrica no Brasil: Avaliações ao longo de 20 anos da Lei n.º 9.433/97. In: FIGUEIREDO, G. J. P.. **Direito Ambiental, Recursos Hídricos e Saneamento**: estudos em comemoração aos 20 anos da Política Nacional de Recursos Hídricos e aos 10 anos da Política Nacional de Saneamento. São Paulo: Letras Jurídicas, 2017. p.118-143.

SANTOS, E. C.; ARAÚJO, L. E.; MARCELINO, A. S.. Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiente**, v.19, n.1, p.9-14, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p9-14>

VAN ROOY, M. P.. A Rainfall Anomaly Index (RAI) Independent of Time and Space. **Notos**, v.14, p.43-48, 1965.