BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DO MUNÍCIPIO DE PORTO SEGURO, BAHIA E A INFLUÊNCIA DOS FENÔMENOS CLIMÁTICOS EL NIÑO E LA NIÑA

Milene Souza Oliveira[(1)]
Mestranda em Biossistemas e Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e Técnica em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA).

Endereço[(1)]**:** Rua 13 de maio, 66 - Gusmão - Eunápolis - Bahia - CEP: 45821-006 - Brasil - Tel: +55 (73) 98877-2809 - e-mail: mileneoliveira2000@hotmail.com.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo caracterizar o balanço hídrico climatológico (BHC) para o município de Porto Seguro (Bahia) e a influência dos fenômenos climáticos el niño e la niña na temperatura e precipitação. O trabalho propõe o BHC para as estações meteorológicas convencionais (EMC's), da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas no município de Porto Seguro (BA), para o período de 2014 a 2023. Foi utilizado o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955). A capacidade máxima de água disponível no solo foi fixada em 100 mm. As temperaturas médias anuais variaram entre 22,3 e 24,4 °C. Em 2022 houve maior volume de chuva acumulada (1800.6mm). A partir do mês de novembro a dezembro e abril a julho ocorrem as maiores precipitações. A evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real coincidem ao decorrer dos meses, indicando que a evaporação máxima para os períodos foi atingida, caracterizado pela grande quantidade de água disponibilizada no solo pelos elevados volumes de chuvas. A ocorrência do el niño e la niña revelou influência dos mesmos na temperatura e precipitação, o que afetou diretamente no BHC, gerando excedentes hídricos no registro do la niña e deficiência hídrica no registro do el niño.

PALAVRAS-CHAVE: Fenômenos climáticos, precipitação, temperatura.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o clima de uma certa região pode ser entendido como o estudo médio das condições atmosféricas em um período específico, sendo que esse estudo precisa compreender o maior número de dados possíveis. O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) possibilita o monitoramento da variação do armazenamento de água no solo, tanto na escala diária como em escalas maiores como a mensal, usando medidas de temperatura do ar e precipitação (Varejão, 2006).

O BHC está diretamente relacionado a temperatura e precipitação de determinada localidade, além das suas características climáticas e latitudinais. Em geral, a temperatura do ar e as precipitações podem ser consideradas como os principais elementos do clima, pois indicam os níveis energéticos e as disponibilidades hídricas da região (Rolim *et al*., 2007; Cunha; Martins, 2009). O conhecimento das características climáticas das diferentes se faz necessário, devido ao pouco estudo da temática e pela necessidade de geração de informações que subsidiem as atividades agropecuárias e antrópicas.

OBJETIVO

Caracterizar o balanço hídrico climatológico para o município de Porto Seguro/BA e a influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña na temperatura e precipitação.

METODOLOGIA

O município de Porto Seguro está localizado no Sul do estado da Bahia a uma altitude de 4 m, possui latitude de -16.13° e longitude de -39.02°. Possui um clima tropical, existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano e mesmo o mês mais seco ainda assim tem muita pluviosidade. Segundo a Köppen-Geiger (1928) a classificação do clima é Af (tropical úmido ou superúmido, sem estação seca), sendo a temperatura média do

mês mais frio superior a 18 ºC (Oliveira *et al.,* 2023). O banco de dados histórico utilizado foi obtido pelo INMET para o período de 10 anos (2013 – 2022), contudo, as estações meteorológicas convencionais (EMC's) do INMET não coletaram dados para o ano de 2021. Esse banco possui dados variados de precipitação, temperatura, umidade e vento para as EMC's. Os dados analisados foram os de temperatura e precipitação, obtendo-se os valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão. A capacidade máxima de água disponível (CAD) no solo foi fixada em 100 mm e obteve-se o BHC através do método de Thornthwaite e Mather (1955). Os dados usados como indicativos de Oscilação Sul-El Niño (ONI) que é a média de 3 meses das anomalias de temperatura da superfície do mar na região de Niño 3.4, conforme os dados do ERSST.v5 (Huang *et al.,* 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração é considerada como a perda de água por evaporação do solo e transpiração das plantas, dentre eles temos: a evapotranspiração potencial (ETP) sendo a quantidade de água transpirada na unidade de tempo, a partir de uma vegetação rasteira e verde, recobrindo totalmente o solo, com altura uniforme e sem jamais sofrer limitações hídricas) e a evapotranspiração real (ETR), sendo a transferência vertical de vapor d'água para a atmosfera, por evaporação e transpiração, que se verifica a partir de uma parcela de terreno vegetado, em condições naturais ou de cultivo (irrigado ou não), condicionada a disponibilidade hídrica do solo. A ETP pode ser obtida pela Fórmula 1 e seus demais coeficientes obtidos pelas Fórmulas 2, 3 e 4.

$ETP = 16 * ((\frac{10*T}{I})^{a}) * f$, onde T>0 ºC — Fórmula (1)

$I = (0.2 * T)^{1.514}$, onde T>0 ºC — Fórmula (2)

$a = 6{,}75 * 10^{-7} * I^3 - 7{,}71 * 10^{-5} * I^2 + 1{,}792 * 10^{-2} * I + 0{,}49239$ — Fórmula (3)

Em que: T - temperatura média do mês, em ºC; e I é um índice que expressa o nível de calor anual; a é dado pela função cúbica do índice de calor anual. F é o fator de ajuste em fator da latitude e mês do ano:

$f = \frac{h}{12} * \frac{n}{30}$ — Fórmula (4)

Onde: h = número de horas de luz na latitude considerada; n = número de dias do mês em estudo.

O BHC fornece estimativas da ETP, ETR, da deficiência hídrica, do excedente hídrico e do armazenamento da água no solo. O cálculo do BHC pode ser obtido através dos dados analisados das EMC's do INMET.

As temperaturas médias anuais observadas variaram entre 22,3 e 24,4 °C, com a menor e maior temperatura média mensal igual a respectivamente 19,8 e 29,4 °C, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Temperaturas médias mensais (em °C) e desvio padrão (±) nas estações meteorológicas convencionais da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no município de Porto Seguro/BA

Ano	Meses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2014	24.0	23.6	23.5	23.1	22.6	21.2	20.6	20.2	21.6	22.1	23.4	23.4
2015	24.4	24.4	24.9	-	22.1	21.5	20.6	20.5	22.5	23.2	24.9	25.6
2016	25.5	25.5	25.4	24.0	22.4	21.4	20.8	21.1	21.4	23.2	23.5	26.7
2017	29.4	24.1	23.8	23.4	22.5	21.6	19.8	20.0	20.7	22.6	23.4	24.4
2018	24.8	25.0	25.3	22.9	22.3	21.6	20.5	21.4	22.1	23.5	23.7	24.5
2019	25.1	26.4	25.2	25.1	24.9	21.8	20.5	20.6	21.6	23.0	24.2	24.6
2020	25.3	25.7	24.4	23.9	22.6	21.5	20.8	20.2	21.6	22.0	-	-
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	-	23.9	24.2	23.2	22.2	20.2	20.2	19.8	21.0	23.0	23.0	24.0

2023	24.5	24.3	23.8	23.7	22.0	21.0	20.5	22.0	24.1	25.4	26.6	29.0
Média e Desv. Pad.	25.0 ± 1.7	24.4 ± 0.9	24.4 ± 0.7	23.6 ± 0.7	22.4 ± 0.9	21.5 ± 0.5	20.5 ± 0.3	20.5 ± 0.7	21.6 ± 1.0	23.0 ± 1.0	23.6 ± 1.2	24.6 ± 1.8
Máx.	29.4	26.4	25.4	25.1	24.9	21.8	20.8	22.0	24.1	25.4	26.6	29.0
Min.	24.0	23.6	23.5	23.1	22.0	20.2	19.8	19.8	20.7	22.0	23.0	23.4

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados das estações metereologicas do INMET.

As precipitações totais anuais oscilaram entre 987,6 e 1800,6 mm, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Precipitação total desvio padrão (±) nas estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no municipio de Porto Seguro/BA

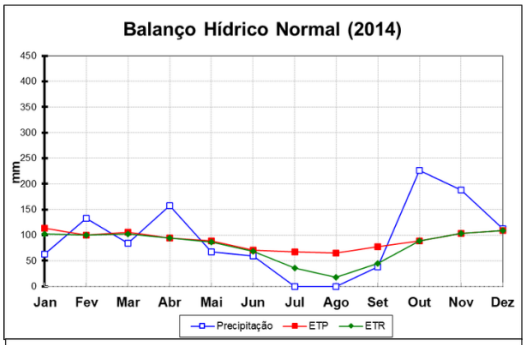
Ano	Meses												Total anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2014	63.0	132.8	84.0	157.6	67.8	59.8	-	-	37.8	226.8	187.8	112.2	1129.6
2015	56.8	122.8	52.0	-	106.6	233.4	106.0	135.6	15.6	106.0	52.8	-	987.6
2016	225.2	-	39.6	56.4	111.0	94.4	154.6	109.0	165.4	161.4	322.8	34.0	1473.8
2017	-	53.4	94.0	282.0	169.0	192.6	204.0	132.2	158.6	40.4	289.6	172.0	1787.8
2018	88.6	134.2	51.8	161.8	265.6	214.0	90.8	49.2	70.2	75.2	222.8	214.2	1638.4
2019	31.2	-	175.8	47.2	50.4	86.8	172.2	217.2	124.4	114.4	45.8	92.2	1157.6
2020	79.6	-	229.6	204.2	122.6	219.4	110.0	162.2	-	-	-	-	1127.6
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	-	-	-	102.2	199.0	34.2	214.4	97.6	131.8	162.6	418.6	440.2	1800.6
2023	203.4	136.4	97.4	429.2	152.4	52.2	113.0	40.6	-		-	-	1183.6
Média mensal e Desv. Pad.	79.6 ± 63.0	132.8 ± 35.3	89.0 ± 66.0	159.7 ± 127.0	122.6 ± 66.8	94.4 ± 81.3	133.8 ± 47.6	120.6 ± 58.0	124.4 ± 56.3	114.4 ± 62.2	222.8 ± 138.0	142.1 ± 143.2	-

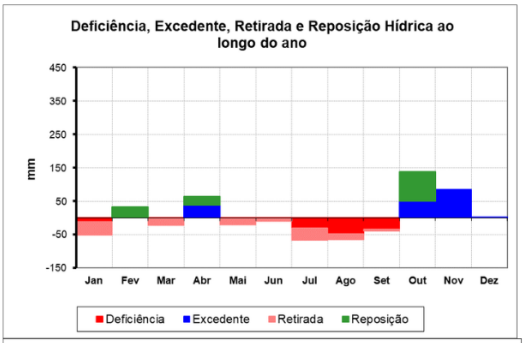
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados das estações metereologicas do INMET.

A Figura 1 apresenta o BHC e as ETP e ETR do periodo analisado para as estações metereologicas. Houve defasagem de dados em alguns meses de cada ano, como observado na Tabela 2, o que resultou deficiência hídrica no BHC em alguns dos casos analisados.

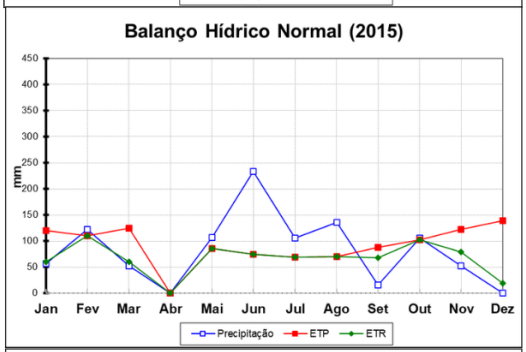
Figura 1 – Representação gráfica do BHC entre 2014 a 2022 para o municipio de Porto Seguro/BA, onde a Figura a) é relativa ao BHC de 2014, b) BHC de 2015, c) BHC de 2016, d) BHC de 2017, e) BHC de 2018, f) BHC de 2019, g) BHC de 2020, h) BHC de 2021, i) BHC de 2022 e j) BHC de 2023

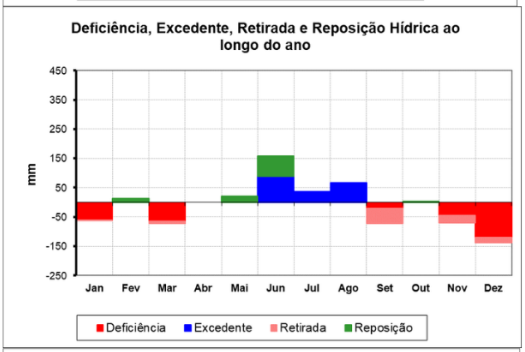
a)



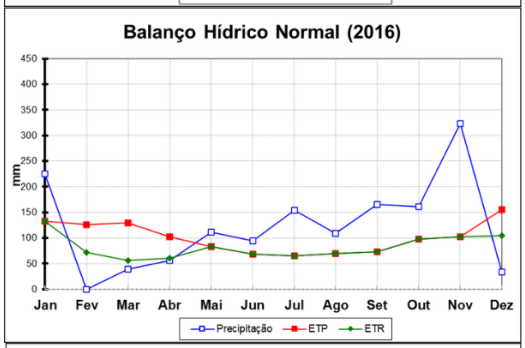


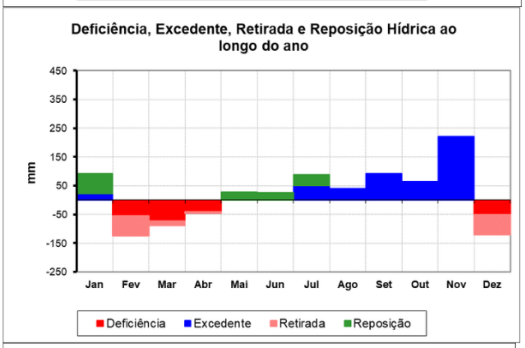
b)



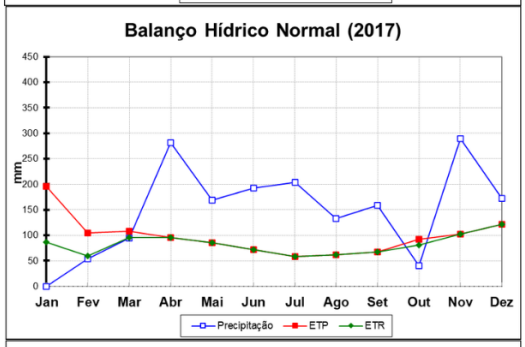


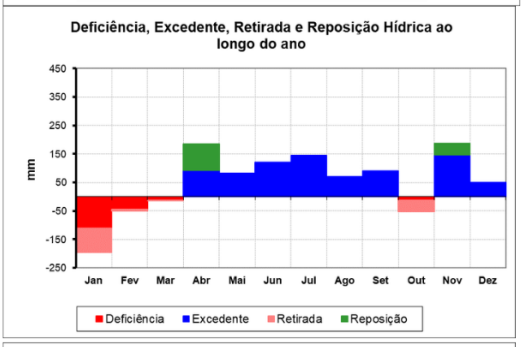
c)



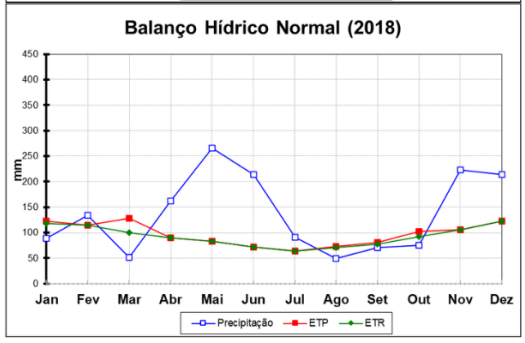


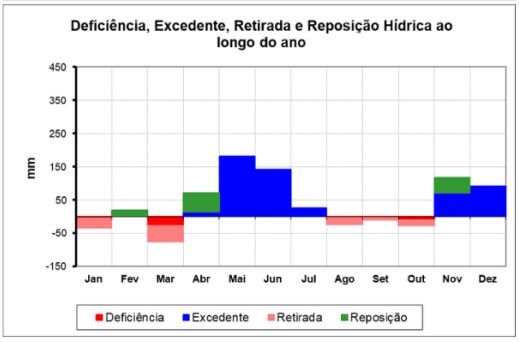
d)



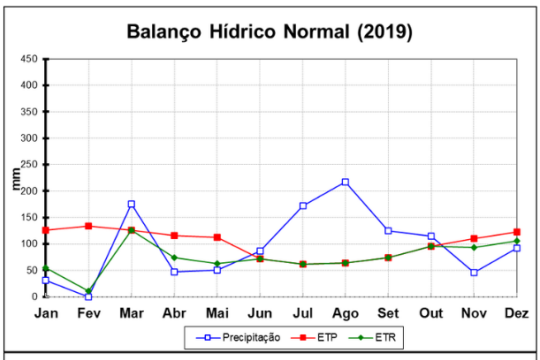


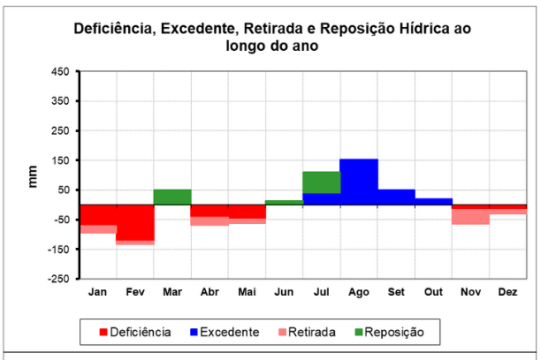
e)



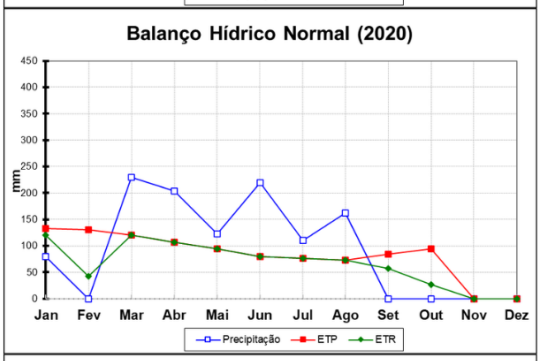


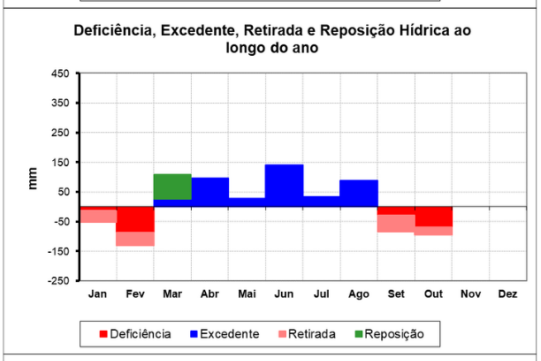
f)



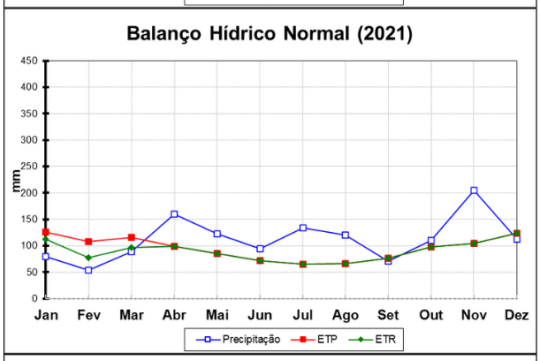


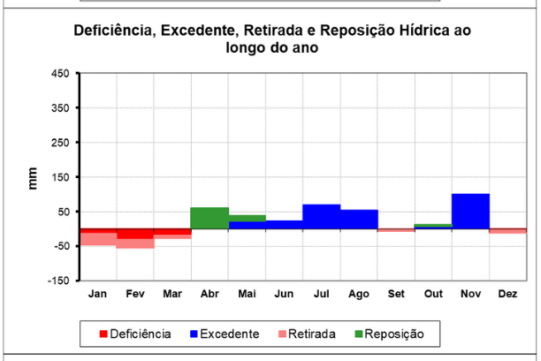
g)



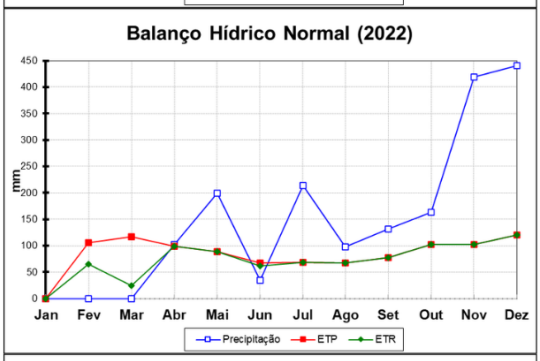


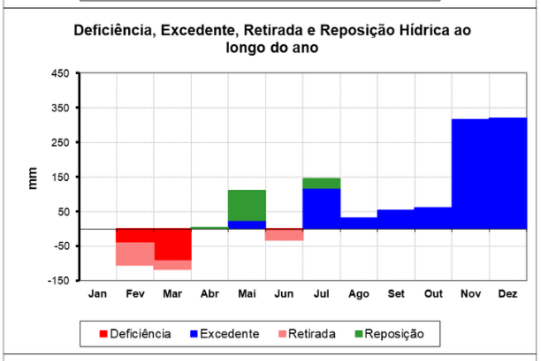
h)



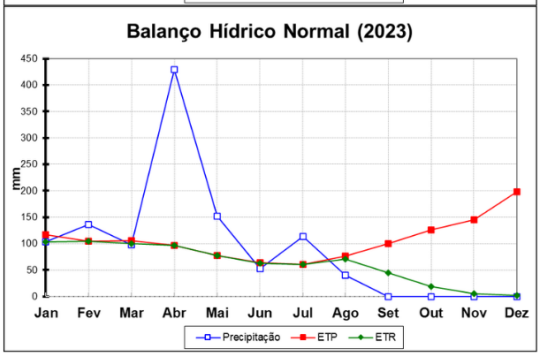


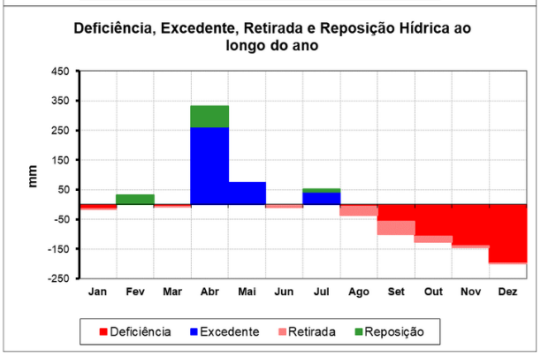
i)





j)





Fonte: Elaboração própria a partir dos dados das estações meteorológicas do INMET.

Segundo Gurjão (2012), o monitoramento de eventos hidrológicos extremos e a análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação são importantes no gerenciamento de recursos naturais. Por sua vez, o balanço hídrico é uma das várias formas de monitoramento do armazenamento de água no solo, a partir do qual são determinadas as épocas de deficiência e excedente hídrico, a reposição e a retirada da água do solo e também a classificação climática, assim pode-se identificar períodos cruciais, dentro de um determinado espaço de tempo (Jesus, 2015).

> O balanço hídrico climatológico normal é usado para estimar o armazenamento médio de água do solo ao longo do tempo. Partindo-se do suprimento natural de água ao solo, simbolizado pelas chuvas (P), e da demanda atmosférica, simbolizada pela evapotranspiração potencial (ETP), além da capacidade de água disponível (CAD) apropriado, o balanço hídrico climatológico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento da água no solo (ARM). Para que não haja nem excesso nem deficiência hídrica, a chuva (P) deve ser igual a ETP. Portanto a ETP representa a chuva ideal (que deveria entrar no volume de controle). Essa situação só acontece esporadicamente em alguns períodos. Em algumas regiões há excesso praticamente o ano todo, enquanto que em regiões áridas e semiáridas isso nunca ocorre. Em regiões tropicais, é mais comum haver excesso numa época, e deficiência em outra – Sisdagro.

Tais resultados da evapotranspiração estão diretamente relacionadas com a presença do Índice Niño Oceânico (ONI), envolvendo os fenômenos climáticos El Niño (caracterizado pelo aumento da temperatura) e La Niña (caracterizado pela redução da temperatura). A *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) identificou a presença dos fenômenos e representou sua influência na temperatura. Cujo período entre 2014 a 2022, sugere que tivemos um El Niño forte entre maio (2015) e abril (2016) e El Niño fraco entre outubro (2014) a abril (2015) e setrembro (2018) a junho (2019), para La Niña sugere ocorrência fraca em agosto a dezembro (2016) e janeiro a abril (2018) e forte para agosto (2020) a dezembro (2022), tivemos períodos neutros em 2014, 2017 e 2019-2020.

O perído neutro de 2019-2020 apresentou a ETP sendo igual a ETR em nove dos doze mezes sem a presença do ONI, isso se deve as elevadas precipitações que ocorreram em alguns meses deste periodo, revelando que, nos meses de julho a dezembro ocorrem maiores volumes de precipitação acumulada no solo.

O ano de 2015 registrou em todos os seus meses a presença do El niño, o que elevou a temperatura em valores entre 0.5 e 2.6 °C, proporcionando menores volumes de precipitações registrados pelas EMC's. Com isso, observa-se que a ETP e a ETR para este ano foram iguais em apenas cinco dos doze meses, com precipitação anual total igual a 993.4 mm, contudo, houve defasagem de dados das EMC's em três meses, o que gerou deficiência hídrica para os mesmos.

Apesar do La niña ocorrer entre os meses de setembro a dezembro em cinco dos dez anos analisados, o mesmo não provocou diminuição da temperatura média nesses meses comparado a periodos neutros. O ano de 2022 apresentou a ocorrência do la niña em todos os meses, com redução da temperatura entre 0.8 e 1.1 °C, o que gerou maior excedente hídrico e maior evapotranspiração, com o ETP sendo igual ao ETR em oito dos nove meses de dados disponiveis pelas EMC's, isso se deve ao fato da disponibilidade hídrica presente no solo gerada pelos altos volumes de chuva e pelas temperaturas médias serem inferiores em decorrência do La Niña.

Apesar da ausência de três meses de dados nas estações metereológicas convencionais para a precipitação, o ano de 2022 apresentou maior volume de chuva acumulada (1800.6 mm) com os meses de novembro e dezembro apresentando precipitação acumulada superior a 850 mm, equivalendo a cerca de 47.7% de precipitação em relação ao total, consequentemente, 2022 apresentou maior EXC de julho a dezembro, como pode ser observado na Figura 1.

Apesar de o ano de 2017 ter sido caracterizado como neutro em relação a ocorrência do fenômeno ONI, registrou-se a segunda maior quantidade de chuvas acumuladas (1787.8 mm), os meses de abril a dezembro (exceto outubro) apresentam EXC (Figura 1). A ETP e ETR coincidem em oito dos doze meses, indicando que a evaporação máxima para os períodos, nas condições climatológicas observadas, foi atingida, caracterizado pela grande quantidade de água disponibilizada no solo. Em 2018, a ETP e a ETR coincidem

em oito dos doze meses. Neste mesmo ano, no periodo entre abril a julho e novembro e dezembro, o ano apresentou EXC, com reposiçao hídrica em abril e novembro.

CONCLUSÃO

Os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram durante os anos maiores ocorrências de deficiência hídrica. A partir dos meses de abril a julho e novembro a dezembro ocorrem as maiores precipitações e, sucessivamente, os maiores volumes de água disponíveis no solo, o armazenamento (ARM) é máximo, atingindo o valor adotado para o CAD, 100 mm.

A ocorrência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña revelou influência dos mesmos na temperatura e precipitação, o que afetou diretamente no BHC, gerando excedentes hídricos no registro do La Niña e deficiência hídrica no registro do El Niño.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CUNHA, Antonio Ribeiro; MARTINS, Dinival. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. Irriga, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

2. GURJÃO, C. D. S.; DE FATIMA CORREIA, M.; CHAVES FILHO, J. B.; DA SILVA ARAGÃO, M. R. Influência do Enos (El Niño-Oscilação Sul) no Regime Hidrológico do Rio São Francisco: uma Análise em Regiões com Fortes Pressões Antrópicas. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, n. 4, p. 774-790, 2012.

3. HUANG, B.; Thorne, P.; Banzon, V. *Extended reconstructed sea surface temperature, version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations and intercomparisons*. J. Clim. 2017, 30, 8179–8205.

4. INSTITUTO NACIONAL DE METEREOLOGIA (INMET). Dados históricos anuais. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 02 abr. 2024.

5. JESUS, J.B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju - SE. Scientia Plena, v.11, n.5, 2015.

6. KOPPEN, W.; Geiger, R. 1928. *Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. n.p*.

7. NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Cold & Warm Episodes by Season. Disponível Em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 18 abr. 2024.

8. ROLIM, Glauco de Souza *et al*. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. Bragantia, v. 66, p. 711-720, 2007.

9. SISDAGRO. Sistema de suporte à decisão na agropecuária. Climatologia. Disponível em: <https://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/climatologiaProdutos>. Acesso em: 02 abr. 2024.

10. THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance: publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology*, 1955. 104 p.