



## ANÁLISE COMPARATIVA DO BALANÇO HÍDRICO NOS MUNICÍPIOS DE PORTO SEGURO (BAHIA) E VIÇOSA (MINAS GERAIS)

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE WATER BALANCE IN THE MUNICIPALITIES OF PORTO SEGURO (BAHIA) AND VIÇOSA (MINAS GERAIS)

Milene Souza Oliveira<sup>1</sup>, Anne Caroline de Souza Grigório<sup>1</sup>, Bruno Ramos Fernandes<sup>1</sup>

Artigo recebido em: 29/03/2023 e aceito para publicação em: 09/09/2024.

DOI: <https://doi.org/10.14295/holos.v24i2.12491>

**Resumo:** O balanço hídrico é uma forma de monitoração do armazenamento de água no solo, computando o que entra e sai e auxiliando no entendimento dos processos que envolvem o ciclo hidrológico. Esse procedimento utiliza o método proposto por Thornthwaite & Mather (1955). Onde a capacidade máxima de água disponível no solo foi fixada em 100 mm. Os valores de temperatura e precipitação correspondem às médias históricas para o período de 2018 nos municípios de Porto Seguro (BA) e Viçosa (MG), obtidos pelas estações meteorológicas convencionais (EMC's), da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O trabalho propõe relacionar o balanço hídrico com as características regionais das cidades citadas, e seus valores médios de temperatura e precipitação. As temperaturas médias anuais variam de 23.5 °C e 20.2 °C para Porto Seguro e Viçosa, respectivamente. As precipitações totais anuais variam aproximadamente de 1364 mm a 1638 mm para as estações avaliadas. Ambas as localidades apresentaram maior deficiência do balanço hídrico mensal entre os meses de agosto a outubro, obtendo essa relação com as baixas temperaturas que esse período obteve. Observa-se também a influência das características locais de altitude, latitude e longitude nos padrões climáticos.

**Palavras-chave:** Balanço hídrico. Ciclo hidrológico. Temperatura. Precipitação.

**Abstract:** Water balance is a way of monitoring water storage in the soil, computing what goes in and out and helping to understand the processes involved in the hydrological cycle. This procedure uses the method proposed by THORNTHWAITE & MATHER (1955). Where the maximum capacity of available water in the soil was set at 100 mm. The temperature and precipitation values correspond to the historical averages for the period of 2018 in the municipalities of Porto Seguro (BA) and Viçosa (MG), obtained by conventional meteorological stations (EMC's), from the network of stations of the National Institute of Meteorology (INMET). The work proposes to relate the water balance with the regional characteristics of the mentioned cities, and their average values of temperature and precipitation. The average annual temperatures vary from 23.5 °C and 20.2 °C for Porto Seguro and Viçosa, respectively. The total annual precipitation varies approximately from 1364 mm to 1638 mm for the evaluated stations. Both locations showed a greater deficiency of the monthly water balance between August and October, obtaining this relationship with the low temperatures that this period obtained. The influence of local characteristics such as altitude, latitude and longitude on climatic patterns is also observed.

**Keywords:** Water balance. Hydrological cycle. Temperature. Precipitation.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Sul da Bahia – UFSB, Itabuna, BA. E-mails: [mileneoliveira2000@hotmail.com](mailto:mileneoliveira2000@hotmail.com), [anne.grigorio@gfe.ufsb.edu.br](mailto:anne.grigorio@gfe.ufsb.edu.br), [bramosfernandesbatman@gmail.com](mailto:bramosfernandesbatman@gmail.com).

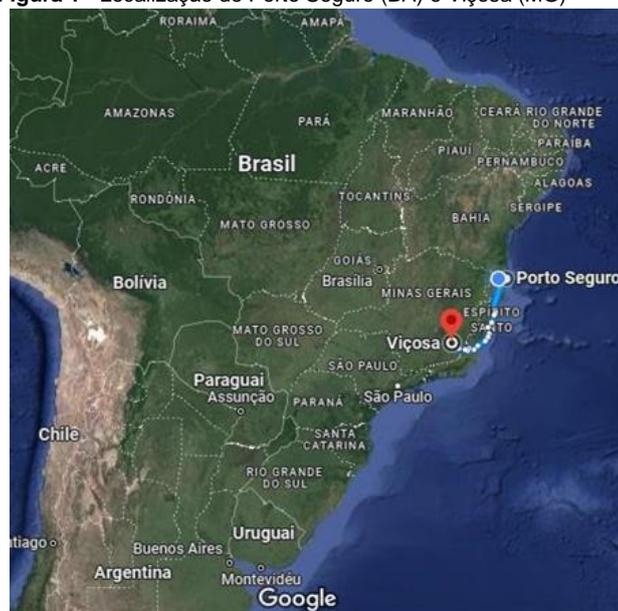
# 1 INTRODUÇÃO

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 está diretamente relacionado a temperatura e precipitação de determinada localidade, além das suas características climáticas e latitudinais.

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 município de Porto Seguro está localizado a uma altitude de 72 m, possui latitude de -16.13 e longitude de -39.12. Já o município de Viçosa está localizado a uma altitude de 690 m, possui latitude de -20.75 e longitude de -42.85. Podemos observar suas localizações no mapa geográfico brasileiro por meio da Figura 1.

Figura 1 - Localização de Porto Seguro (BA) e Viçosa (MG)



Fonte: Google Maps, TerraMetrics, Nasa (2022)

Porto Seguro 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 e Geiger* a classificação do clima é Af (tropical úmido ou superúmido, sem estação seca, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 18 °C. O total das chuvas do mês mais seco é superior a 60 mm, com precipitações maiores de março a agosto, ultrapassando o total de 1.500 mm anuais) – Embrapa.

Viçosa possui um clima quente e temperado, o verão tem muito mais pluviosidade que o inverno. De acordo com a *Köppen e Geiger* o clima é classificado como Cwa (Clima subtropical de inverno seco, com temperaturas inferiores a 18 °C e verão quente, com temperaturas superiores a 22 °C) - Embrapa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados histórico utilizado foi obtido pelo INMET no ano de 2018. Esse banco possui dados variados de precipitação, temperatura, umidade e vento, contudo, os dados analisados foram os de temperatura e precipitação dos dois municípios supracitados, obtendo o balanço hídrico através do método de Thornthwaite & Mather (1955). A evapotranspiração é considerada como a perda de água por evaporação do solo e transpiração das plantas, possuindo alguns tipos, dentre eles temos: a evapotranspiração potencial (quantidade de água transpirada na unidade de tempo, a partir de uma vegetação rasteira e verde, recoberto totalmente o solo, com altura uniforme e sem jamais sofrer limitações hídricas) e a evapotranspiração real (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).

Na Figura 2 observa-se os dados de temperatura, precipitação, Evapotranspiração Potencial (ETP), Evapotranspiração Real (ETR), bem como a deficiência e excedente do balanço hídrico pertencentes a Porto Seguro. Por outro lado na Figura 3, notamos os mesmos dados, todavia, relacionados ao município de Viçosa.

**Figura 2** - Dados de Porto Seguro referentes ao ano de 2018, contendo especialmente a temperatura média mensal (°C), a precipitação total mensal (mm), a evapotranspiração potencial e real (mm) e a quantidade hídrica deficiente e excedente (mm), obtidos pelo método de Thornthwaite & Mather

Meses	Num de dias	T oC	P mm	N horas	I	a	ETP Thornthwaite 1948	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	30	25.2	88.6	12.9	11.6	2.9	127.76	-39.2	-39.2	67.60	-32.40	121.0	6.8	0.0
Fev	28	25.2	134.2	12.7	11.6	2.9	117.12	17.1	-16.6	84.88	17.08	117.1	0.0	0.0
Mar	31	25.6	51.8	12.3	11.9	2.9	131.64	-79.8	-96.5	38.11	-46.57	98.4	33.3	0.0
Abr	30	23.7	161.8	11.9	10.5	2.9	98.31	63.5	0.0	100.00	61.89	98.3	0.0	1.6
Mai	31	22.7	265.6	11.4	9.9	2.9	86.54	179.1	0.0	100.00	0.00	86.5	0.0	179.1
Jun	30	21.7	214.0	11.1	9.2	2.9	71.63	142.4	0.0	100.00	0.00	71.6	0.0	142.4
Jul	31	20.8	90.8	11.1	8.7	2.9	65.25	25.5	0.0	100.00	0.00	65.3	0.0	25.5
Ago	31	21.6	49.2	11.3	9.2	2.9	74.12	-24.9	-24.9	77.94	-22.06	71.3	2.9	0.0
Set	30	22.3	70.2	11.7	9.6	2.9	81.43	-11.2	-36.1	69.66	-8.28	78.5	2.9	0.0
Out	31	23.7	75.2	12.1	10.5	2.9	104.04	-28.8	-65.0	52.21	-17.45	92.7	11.4	0.0
Nov	30	24.0	222.8	12.6	10.7	2.9	108.21	114.6	0.0	100.00	47.79	108.2	0.0	66.8
Dez	31	25.0	214.2	12.9	11.4	2.9	128.58	85.6	0.0	100.00	0.00	128.6	0.0	85.6
<b>TOTAIS</b>		281.5	1638.4	144.0	124.8	34.2	1194.62	443.8		990	0.00	1137.4	57.2	501.0
<b>MÉDIAS</b>		23.5	136.5	12.0	10.4	2.9	99.55	37.0		82.5		94.8	4.8	41.8

Fonte – Próprio Autor

**Figura 3** – Dados de Porto Seguro referentes ao ano de 2018, contendo especialmente a temperatura média mensal (°C), a precipitação total mensal (mm), a evapotranspiração potencial e real (mm) e a quantidade hídrica deficiente excedente (mm), obtidos pelo método de Thornthwaite & Mather

Meses	Num de dias	T oC	P mm	N horas	I	a	ETP Thornthwaite 1948	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	30	23.7	134.8	13.2	10.5	2.2	117.35	17.4	0.0	100.00	0.00	117.4	0.0	17.4
Fev	28	22.4	147.8	12.9	9.7	2.2	94.58	53.2	0.0	100.00	0.00	94.6	0.0	53.2
Mar	31	23.2	259.0	12.4	10.2	2.2	108.80	150.2	0.0	100.00	0.00	108.8	0.0	150.2
Abr	30	20.3	94.4	11.8	8.3	2.2	74.66	19.7	0.0	100.00	0.00	74.7	0.0	19.7
Mai	31	18.2	12.6	11.2	7.1	2.2	57.81	-45.2	-45.2	63.63	-36.37	49.0	8.8	0.0
Jun	30	17.3	7.2	10.8	6.5	2.2	48.22	-41.0	-86.2	42.22	-21.41	28.6	19.6	0.0
Jul	31	15.3	9.0	10.8	5.4	2.2	37.81	-28.8	-115.0	31.65	-10.57	19.6	18.2	0.0
Ago	31	17.7	85.4	11.0	6.8	2.2	53.43	32.0	-45.2	63.62	31.97	53.4	0.0	0.0
Set	30	19.3	56.8	11.6	7.7	2.2	65.55	-8.7	-54.0	58.29	-5.33	62.1	3.4	0.0
Out	31	20.7	96.0	12.2	8.6	2.2	83.08	12.9	-33.9	71.22	12.92	83.1	0.0	0.0
Nov	30	21.3	274.6	12.8	9.0	2.2	89.70	184.9	0.0	100.00	28.78	89.7	0.0	156.1
Dez	31	22.6	187.0	13.2	9.8	2.2	108.77	78.2	0.0	100.00	0.00	108.8	0.0	78.2
<b>TOTAIS</b>		242.0	1364.6	144.0	99.7	26.3	939.74	424.9		931	0.00	889.6	50.1	475.0
<b>MÉDIAS</b>		20.2	113.7	12.0	8.3	2.2	78.31	35.4		77.6		74.1	4.2	39.6

Fonte – Próprio Autor

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo de balanço hídrico pode ser obtido através dos dados analisados das estações.

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 - (INMET).

Nas Figuras 4 e 5 podemos visualizar melhor a relação entre a precipitação, o ETP e ETR, notando-se que nos municípios analisados, as condições de baixa precipitação geram um menor ETP e ETR. Em Porto Seguro, os meses com menor precipitação foram agosto, setembro e outubro, e os meses com menor precipitação em Viçosa foram maio, junho e julho. Diante ao exposto, podemos afirmar que, quanto menor a precipitação, menor será a evapotranspiração, logo, a localidade que obteve a menor taxa de evapotranspiração foi o município de Viçosa.

**Figura 4** – Dados mensais do ano de 2018 referentes a precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real de Porto Seguro, obtidos pelo método Thornthwaite & Mather

MES	Prec	ETP	ETR
Jan	88.6	127.8	121.0
Fev	134.2	117.1	117.1
Mar	51.8	131.6	98.4
Abr	161.8	98.3	98.3
Mai	265.6	86.5	86.5
Jun	214.0	71.6	71.6
Jul	90.8	65.3	65.3
Ago	49.2	74.1	71.3
Set	70.2	81.4	78.5
Out	75.2	104.0	92.7
Nov	222.8	108.2	108.2
Dez	214.2	128.6	128.6

Fonte – Próprio Autor

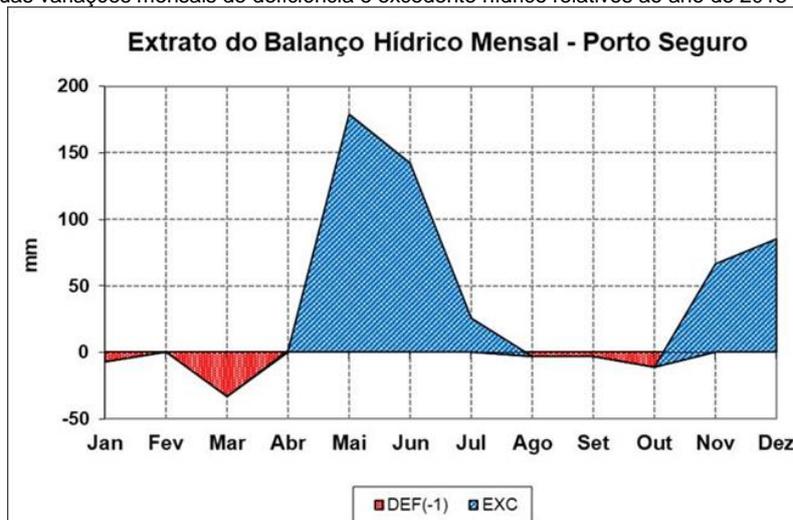
**Figura 5** – Dados mensais do ano de 2018 referentes a precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real de Porto Seguro, obtidos pelo método Thornthwaite & Mather

MES	Prec	ETP	ETR
Jan	134.8	117.4	117.4
Fev	147.8	94.6	94.6
Mar	259.0	108.8	108.8
Abr	94.4	74.7	74.7
Mai	12.6	57.8	49.0
Jun	7.2	48.2	28.6
Jul	9.0	37.8	19.6
Ago	85.4	53.4	53.4
Set	56.8	65.5	62.1
Out	96.0	83.1	83.1
Nov	274.6	89.7	89.7
Dez	187.0	108.8	108.8

Fonte – Próprio Autor

Como visto anteriormente, Porto Seguro possui um clima tropical, o que explica o excesso de ETP em determinado período do ano e deficiência em outro período, conforme é possível visualizar na Figura 6. Tanto o excesso hídrico quanto a deficiência então diretamente ligados a evapotranspiração. Há o excesso hídrico principalmente no período entre os meses de abril a agosto. Como visto na Figura 2, as temperaturas relacionadas a estes meses são mais baixas, como também, existe pouca precipitação, o que permitem um melhor extrato do balanço hídrico, comparado aos meses com maior precipitação e temperatura.

**Figura 6** – Extrato do Balanço Hídrico Mensal (Porto Seguro) obtido pelo método de Thornthwaite & Mather, contendo suas variações mensais de deficiência e excedente hídrico relativos ao ano de 2018

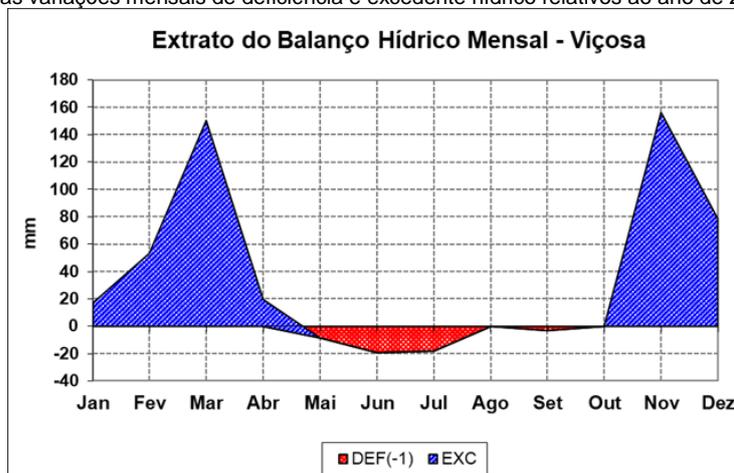


Fonte – Próprio Autor

Já Viçosa possui seu clima quente e temperado, com a temperatura variando-se regularmente ao longo do ano. Como visto na Figura 3, os meses de temperaturas mais baixas também foram os meses com menor precipitação, o que gerou uma deficiência no extrato do

balanço hídrico, como podemos notar na Figura 7. Nessa mesma figura podemos notar que comparado a Porto Seguro a deficiência hídrica foi menor e houve picos mais altos de excedência nos meses de novembro e dezembro.

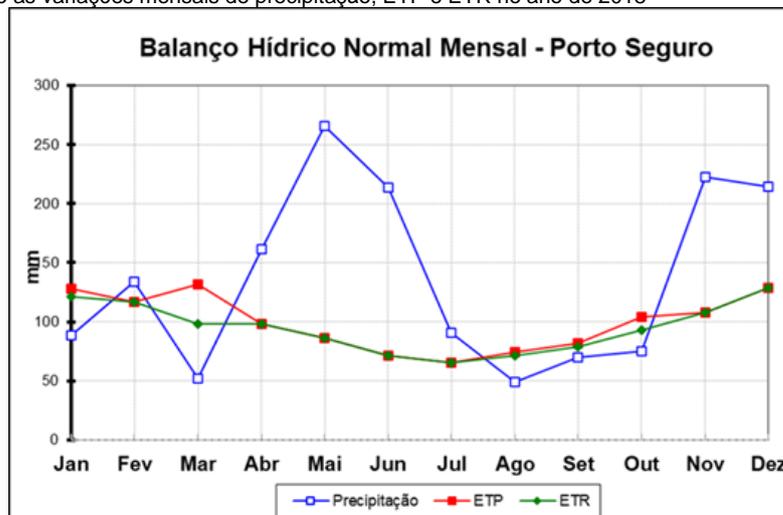
**Figura 7** – Extrato do Balanço Hídrico Mensal (Viçosa) obtido pelo método de Thornthwaite & Mather, contendo suas variações mensais de deficiência e excedente hídrico relativos ao ano de 2018



Fonte – Próprio Autor

Na Figura 8, no município da Bahia, observou-se duas estações mal definidas, uma chuvosa, que se estende ao longo dos meses de abril a junho e novembro a dezembro, concentrando aproximadamente 65.8% do total acumulado, com índices de precipitação pluviométrica acima de 160 mm nestes meses, e a estação seca que ocorre em janeiro e março e entre os meses de julho a outubro, contribuindo com apenas 34.2% da precipitação, em relação ao total. Na Figura 8 é apresentado também que nos meses de fevereiro, abril, maio, junho, julho, novembro e dezembro a evapotranspiração potencial e real coincidem, indicando que a evaporação máxima para os períodos, nas condições climatológicas observadas, foi atingida, caracterizado pela grande quantidade de água disponibilizada no solo pelos elevados volumes de chuvas.

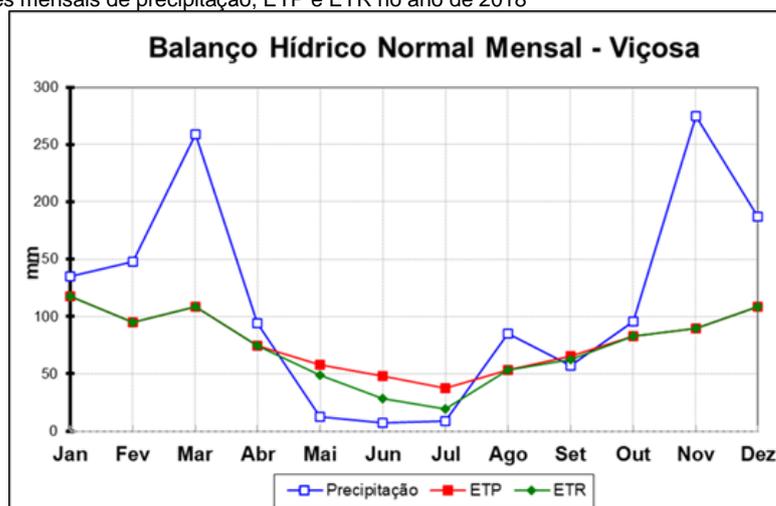
**Figura 8** – Balanço Hídrico Mensal (Porto Seguro) obtido pelo método de Thornthwaite & Mather, contendo as variações mensais de precipitação, ETP e ETR no ano de 2018



Fonte – Próprio Autor

Na figura 9, no município de Minas Gerais, observou-se duas estações bem definidas, uma chuvosa, que se estende ao longo dos meses de novembro a março, concentrando aproximadamente 73.5% do total acumulado, com índices de precipitação pluviométrica acima de 130 mm nestes meses, e a estação seca que ocorre entre os meses de junho a dezembro contribuindo com apenas 26.5% da precipitação, em relação ao total. Se verifica ainda que, entre os meses de janeiro a abril, agosto, e outubro a dezembro, a evapotranspiração potencial e real coincidem, indicando as mesmas características da evaporação máxima para o período observadas em Porto Seguro.

**Figura 9** - Balanço Hídrico Mensal (Viçosa) obtido pelo método de Thornthwaite & Mather, contendo as variações mensais de precipitação, ETP e ETR no ano de 2018

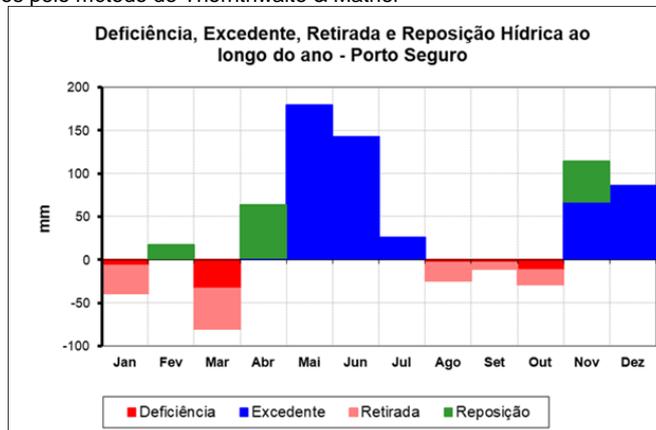


Fonte – Próprio Autor

O balanço hídrico climatológico para Porto Seguro determinou o predomínio do excedente hídrico, nos meses de maio (179.1 mm) e junho (142.4 mm). Os meses de fevereiro, abril e novembro possuem reposição hídrica, como nota-se na Figura 10.

Observa-se que a partir do mês de novembro a dezembro e abril a julho 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.

**Figura 10** - Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica (mm), ao longo do ano de 2018 em Porto Seguro, obtidos pelo método de Thornthwaite & Mather

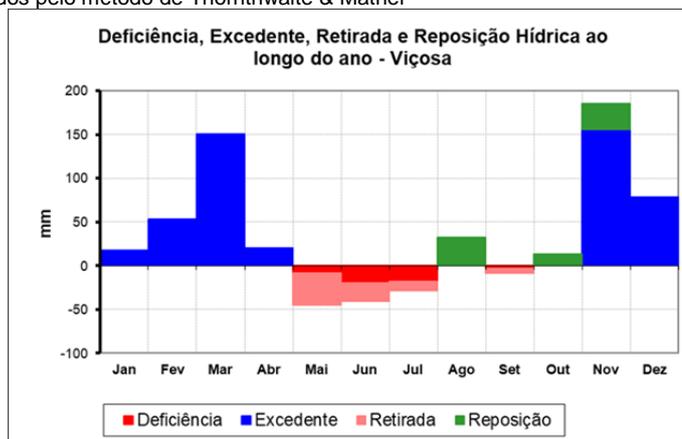


Fonte – Próprio Autor

O balanço hídrico climatológico para Viçosa determinou o predomínio do excedente hídrico, nos meses de março (150.2 mm) e novembro (156.1 mm). Os meses de agosto, outubro e novembro possuem reposição hídrica, como apresentado na Figura 11.

Verificou-se que a partir do mês de novembro a abril 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.

**Figura 11** - Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica (mm), ao longo do ano de 2018 em Viçosa, obtidos pelo método de Thornthwaite & Mather



Fonte – Próprio Autor

O artigo de Lemos Filho (2010) e segundo Marquínez et al. (2003) mencionam que a continentalidade, expressa pelas coordenadas geográficas, também é variável explicativa de características climáticas quantitativas, como precipitação, temperatura do ar, radiação solar e evapotranspiração. Em relação aos elementos climáticos, podem ser citados a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a radiação solar, o vento e a chuva, como sendo os principais elementos que afetam a taxa de evapotranspiração.

De forma geral, para uma região, quanto maior a disponibilidade de energia solar, a temperatura do ar e o vento e quanto menor a umidade relativa do ar, maior deverá ser, também, a taxa de evapotranspiração (Cunha & Escobedo, 2003; Evangelista & Pereira, 2003; Fietz & Fisch, 2009). Vemos então que, as referências geográficas afetam diretamente a evapotranspiração dos municípios de Porto Seguro e Viçosa.

## 4 CONCLUSÃO

Diante todo o exposto, temos que apesar das diferenças geográficas das cidades analisadas, o total de deficiência hídrica do município de Porto Seguro é igual a 57.2 mm, equivalente a 3.5% da precipitação total e com média de deficiência igual a 4.8 mm e o município de Viçosa possui deficiência hídrica igual a 50.1 mm, equivalente a 3.7% da precipitação total e com média de deficiência igual a 4.2 mm.

## REFERÊNCIAS

CLIMATE-DATA Porto Seguro (Brasil). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-dosul/brasil/bahia/porto-seguro-6090/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

CLIMATE-DATA Viçosa (Brasil). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/vicosa-25021/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n.1, p.15-26, 2003.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 01 jun. 2022.

EVANGELISTA, A. W. P.; PEREIRA, G. M. Avaliação de dois tipos de evaporímetros na estimativa da evapotranspiração de referência, no interior de casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.6, p.1348-1353, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000600020>

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. Avaliação de modelos de estimativa do saldo de radiação e do método de Priestley-Taylor para a região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.449-453, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000400012>

Google Maps, TerraMetrics, Nasa (2022), disponível em: <https://www.google.com/maps/dir/Porto+Seguro,+BA/Vi%C3%A7osa,+MG,+36570-000/@-14.6688489,-53.5978359,5909038m/data=!3m1!1e3!4m19!4m18!1m10!1m1!1s0x73696a94abc86ff:0x677df9529c95e80f!2m2!1d-39.0653656!2d-16.4443537!3m4!1m2!1d-41.6448268!2d-21.1472744!3s0x4e25ad20eccda06!2m2!1d-42.8800278!2d-20.7561451!3e0>. Acesso em: 01 jun. 2022.

INMET. Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/climatologiaProdutos;jsessionid=5a1f3686fb217e3ad12c191d51b4>. Acesso em: 01 jun. 2022.

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.

LEMOS FILHO, Luis CA *et al.* Análise espacial da influência dos elementos meteorológicos sobre a evapotranspiração de referência em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1294-1303, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010001200007>

MARQUÍNEZ, J.; LASTRA, J.; GARCIA, P. Estimation models for precipitation in mountainous regions: the use of GIS and multivariate analysis. **Journal of Hydrology**, v. 270, n.1, p.1- 11, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00110-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00110-5)

PEREIRA, Antonio Roberto. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite- Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200019>