



## BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O MUNICÍPIO DE ARINOS – MG

José Ângeles Moreira de Oliveira<sup>1</sup>, Carlos Magno Moreira de Oliveira<sup>2</sup>

### RESUMO

Períodos longos de estiagem dificultam a vida dos moradores de diversas regiões, principalmente os moradores de zonas rurais que dependem do recurso para produção agrícola em sua maioria de subsistência. Conhecer a época de maior disponibilidade hídrica bem como a época de déficit hídrico torna-se de fundamental importância para auxiliar na tomada de decisão no planejamento agrícola. O Objetivo deste trabalho foi realizar o balanço hídrico climatológico (BHC) seguindo a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955) e a classificação climática segundo Thornthwaite (1948), para o município de Arinos-MG. Para a realização do estudo foi utilizada uma série de dados históricos entre os anos de 1977 a 2017, relativos à precipitação média mensal e temperatura média mensal. Para o cálculo do BHC foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível (CAD). A classificação climática foi obtida por meio dos valores do índice hídrico (Ih), índice de aridez (Ia) e índice de umidade (Iu). Identificou-se um déficit hídrico de sete meses sequenciados, com um déficit anual de 428,8 mm, distribuído em sua totalidade durante toda a estação seca na região (abril a outubro). O excedente hídrico anual totalizou 267,4 mm distribuídos em quatro meses do ano, sendo janeiro responsável por 93,0 mm, fevereiro 19,4 mm, março 36,8 mm e dezembro responsável por 118,2 mm.

**Palavras-chave:** disponibilidade hídrica, índice hídrico, déficit hídrico.

## CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE AND CLIMATE CLASSIFICATION FOR THE MUNICIPALITY OF ARINOS – MG

### ABSTRACT

Long periods of drought complicate the life of the residents of different regions, especially the residents of rural areas that depend on the resource for agricultural production in the majority of subsistence. Knowing the time of greater water availability as well as the time of water deficit becomes of fundamental importance to assist in decision making in agricultural planning. The

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola e Ambiental. E-mail: [j.ngeles@yahoo.com](mailto:j.ngeles@yahoo.com)

<sup>2</sup> Doutorando em Ciências Florestais, Universidade de Brasília – UnB, Brasília-DF. E-mail: [cmagnoliveira@hotmail.com](mailto:cmagnoliveira@hotmail.com)

objective of this work was to perform the climatological water balance (BHC) following the methodology proposed by Thornthwaite and Mather (1955) and the climate classification according to Thornthwaite (1948), for the municipality of Arinos-MG. For the realization of the study was used a series of historical data between the years of 1977 and 2017, relating to the average monthly precipitation and mean monthly temperature. For the calculation of the BHC was adopted the value of 100 mm for the available water capacity (CAD). The climate classification was obtained through of the values of the water index (Ih), index of aridity (Ia) and moisture index (Iu). Identified a water deficit of seven months sequenced, with an annual deficit of 428,8 mm, distributed in its entirety during the dry season in the region (April to October). The annual water surplus totaled 267,4 mm distributed in four months of the year, January being responsible for 93,0 mm, February 19,44 mm, March 36,8 mm and December responsible for 118,2 mm.

**Keywords:** water availability, water index, water deficit.

## INTRODUÇÃO

Diversos estudos revelam que a escassez de água que já é realidade em algumas regiões do Brasil, será cada vez maior em todas as partes do mundo. A água que é considerada essencial para sobrevivência humana é muito utilizada na agricultura, na produção energética e no processo industrial. O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2017 (UN World Water Development Report – WWDR, 2017), prevê, que a demanda por água irá aumentar de forma significativa nas próximas décadas. Sendo que o setor agrícola, será responsável por 70% das extrações de água em todo o mundo, com grande aumento na demanda hídrica pelos setores industriais, de produção de energia e pela expansão dos sistemas urbanos de abastecimento impulsionado pela urbanização acelerada.

Períodos longos de estiagem, sejam em regiões de grande concentração populacional ou de baixa concentração, dificultam a vida dos moradores dessas regiões, principalmente os moradores de zonas rurais que dependem do recurso para a sobrevivência e para produção agrícola em sua maioria de subsistência. Esse quadro de falta de água é agravado não apenas pela redução pluviométrica, mas também, pela redução da qualidade da água nos mananciais, tornando-se de grande importância a adoção de técnicas que auxiliem no planejamento racional e integrado, visando uma maior eficiência do uso dos recursos hídricos.

O planejamento hídrico é considerado o ponto de partida para o manejo integrado dos recursos hídricos, sendo que a realização do balanço hídrico climatológico (BHC) para determinada região permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo (SANTOS et al., 2010).

Para Blain (2009) o conhecimento da variabilidade climática é de crucial importância para o planejamento da agricultura, visto que auxilia na indicação da melhor época e as áreas mais favoráveis ao plantio, possibilitando obter maior sucesso na produção de culturas agrícolas.

O balanço hídrico climatológico (BHC) desenvolvido por Thornthwaite; Mather (1955) é um método muito utilizado para o monitoramento do armazenamento de água no solo, este possibilita a identificação das épocas de deficiência e excedente hídrico, a contabilização da entrada e saída de água para determinada região e também a classificação climática (JESUS, 2015).

A classificação climática tem o intuito de identificar em uma determinada região de estudo, zonas com características climáticas relativamente homogêneas visando fornecer informações valiosas sobre as condições climáticas, suas potencialidades agrícolas e o meio ambiente da região (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). Segundo Cunha e Martins (2009) o sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) permite identificar pequenas variações espaciais climáticas.

Diversos trabalhos já foram publicados utilizando as metodologias de Thornthwaite e Mather (1955) para realização do cálculo do BHC

e Thornthwaite (1948) para classificação climática em diferentes regiões no Brasil. Passos et al., (2017) realizaram o balanço hídrico climatológico e a classificação climática para o município de Balsas - MA. Souza et al. (2013) efetuaram a classificação climática e calcularam o BHC para doze municípios do estado do Mato Grosso. Medeiros et al., (2013) com o objetivo de identificar a aptidão da região de Barbalha-CE para o cultivo da bananeira realizaram o BHC e a classificação climática. Porém, há poucos trabalhos relativos a região noroeste do estado de Minas Gerais.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou calcular o balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite e Mather (1955), para o município de Arinos – MG bem como realizar a classificação climática do município, pelo método de Thornthwaite (1948).

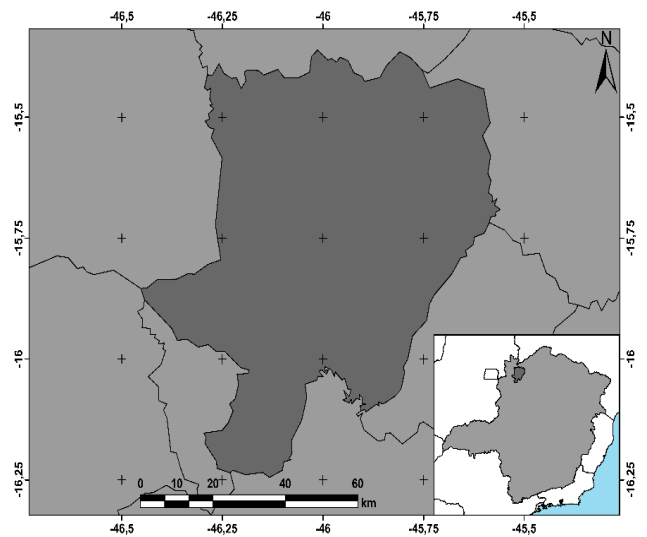
## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização

O balanço hídrico climatológico (BHC) e a classificação climática foram realizados para o município de Arinos-MG (Figura 1) que está localizado na região noroeste do estado de Minas Gerais, e sudeste do Brasil, possui área territorial de 5.279,419 km<sup>2</sup>, distante cerca de 660 km da capital mineira e apenas 250 km da capital nacional, Brasília - DF. A população estimada do município é de 18.243 com densidade populacional de 3,35 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2018). A cidade encontra-se no bioma cerrado e apresenta altitudes médias que variam entre 400 e 750 m (Serra do Meio). Os solos existentes no município são o latossolo vermelho-escuro; o latossolo vermelho-amarelo; hidromórfico cinzento álico e os solos aluviais eutróficos (MOURÃO et al., 2001).

O clima de acordo com a classificação de Koppen é do tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso, com temperatura média mínima anual de 16° e máxima de 30°, e umidade relativa média anual de 70%.

A precipitação total anual varia entre 1100 e 1200 mm (MOURÃO et al., 2001).



**Figura 1.** Mapa de localização do município de Arinos-MG.

Para a realização do estudo foram utilizados dados de precipitação e temperatura do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil - INMET, do período de janeiro de 1977 a dezembro de 2017, totalizando 40 anos.

### Balanço hídrico climatológico (BHC)

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi realizado a partir do método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) utilizando planilha elaborada por Rolim et al., (1998). A série de dados históricos utilizada compreendeu o período de (1977 – 2017), sendo considerados os dados médios de precipitação e temperatura média mensal. Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos da estação meteorológica 83384 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para a execução do balanço hídrico climatológico (BHC), foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD), valor representativo do solo encontrado na região de estudo, solo com alta capacidade de armazenamento, como o latossolo vermelho-escuro do município.

### Classificação climática

Para a classificação climática foi utilizado o método de Thornthwaite (1948), que considera os dados obtidos do balanço hídrico climatológico (BHC). A classificação

climática foi realizada por meio dos valores do índice hídrico (Ih), índice de aridez (Ia) e do índice de umidade (Iu), obtidos através das equações abaixo:

$$Ih = \frac{EXC}{ETP} 100 \quad (1)$$

$$Ia = \frac{DEF}{ETP} 100 \quad (2)$$

$$Iu = Ih - 0,6 Ia \quad (3)$$

Em que:

EXC = excedente hídrico, em mm;

ETP = evapotranspiração total, em mm;

DEF = deficiência hídrica, em mm;

Ih = índice hídrico;

Ia = índice de aridez;

Iu = índice de umidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço hídrico climatológico (BHC) para a região de Arinos-MG, está apresentado na Tabela 1, incluindo os valores dos elementos climatológicos de entrada, temperatura (°C) e precipitação (mm) bem como os elementos climatológicos de saída do BHC, evapotranspiração potencial (mm), armazenamento de água no solo (mm), evapotranspiração real (mm), excedente hídrico (mm) e deficiência hídrica (mm).

**Tabela 1.** Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite; Mather (1955), para a cidade de Arinos – MG, no período de 1977 a 2017.

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG. AC (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,7	207,9	114,9	93,0	0,0	100,0	0,0	114,9	0,0	93,0
Fev	25,9	131,4	112,0	19,4	0,0	100,0	0,0	112,0	0,0	19,4
Mar	25,7	160,9	124,1	36,8	0,0	100,0	0,0	124,1	0,0	36,8
Abr	25,4	63,5	119,6	-56,1	-56,1	57,0	-43,0	106,4	13,2	0,0
Mai	23,6	21,3	101,4	-80,1	-136,3	25,6	-31,4	52,7	48,7	0,0
Jun	22,0	12,6	79,7	-67,1	-203,4	13,1	-12,5	25,1	54,6	0,0
Jul	21,9	16,1	81,5	-65,4	-268,8	6,8	-6,3	22,4	59,1	0,0
Ago	23,5	22,3	101,4	-79,0	-347,8	3,1	-3,7	26,0	75,3	0,0
Set	26,1	20,1	132,3	-112,2	-460,0	1,0	-2,1	22,2	110,1	0,0
Out	27,0	79,8	148,1	-68,3	-528,3	0,5	-0,5	80,3	67,8	0,0
Nov	25,7	196,9	117,6	79,3	-22,6	79,8	79,3	117,6	0,0	0,0
Dez	25,4	252,5	114,1	138,4	0,0	100,0	20,2	114,1	0,0	118,2
<b>Totais</b>	297,7	1185,5	1346,9	-161,4	-	586,9	0,0	918,1	428,8	267,4
<b>Médias</b>	24,8	98,8	112,2	-13,5	-	48,9	-	76,5	35,7	22,3

T: Temperatura do ar; P: Precipitação; ETP: Evapotranspiração Potencial; NEG.AC: Negativo Acumulado; ARM: Armazenamento de água no solo; ALT: Alteração do armazenamento de água no solo; ETR: Evapotranspiração real; DEF: Deficiência Hídrica e EXC: Excedente Hídrico.

Para o município em estudo foi observado uma temperatura média anual de 24,8 °C, com temperatura mínima mensal de 21,9 °C ocorrida no mês de julho e máxima de 27,0 °C no mês de outubro.

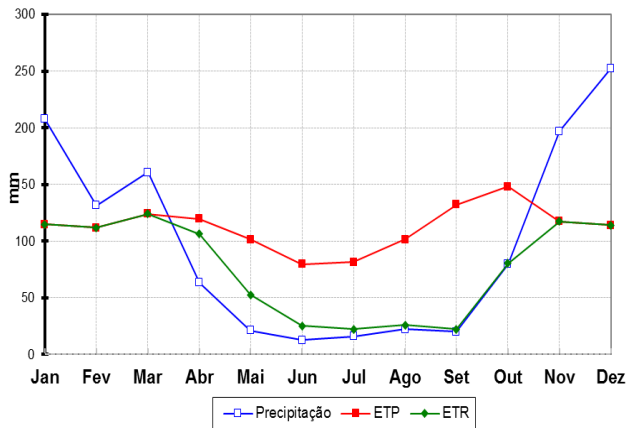
A precipitação pluviométrica apresentou um total anual de 1185,5 mm, com uma distribuição irregular ao longo do ano (Figura 2), com altas precipitações concentradas no verão.

Foi possível identificar duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa, entre os meses de novembro a março, contribuindo com 80,1% do volume pluviométrico anual, e a estação seca ocorrendo entre os meses de abril a outubro, responsável por 19,9% da precipitação total anual (Figura 2).

A evapotranspiração potencial (ETP) anual total foi de 1346,9 mm, sendo que os meses com menor e maior evapotranspiração potencial são junho e outubro, com 79,7 mm e 148,1 mm,

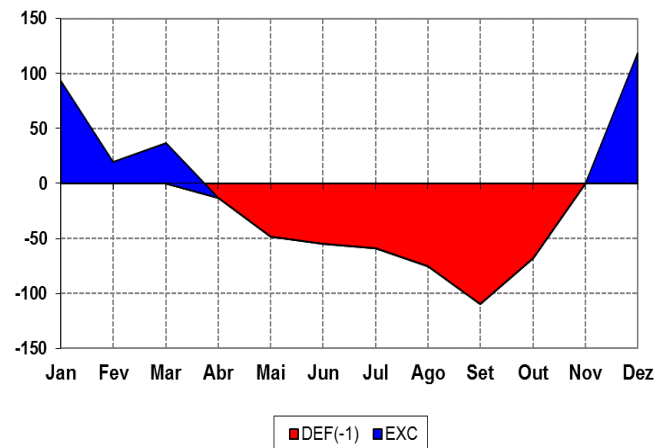
## BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O MUNICÍPIO DE ARINOS – MG

respectivamente. Nos meses que apresentam temperaturas mais elevadas as taxas de evapotranspiração são maiores, sendo o pico de maior evapotranspiração no mês de outubro.



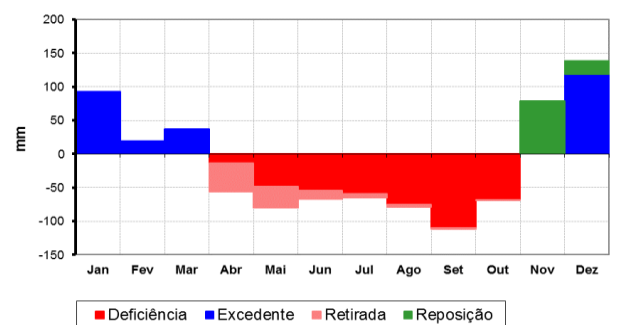
**Figura 2.** Níveis de precipitação, evapotranspiração e evapotranspiração de referência do município de Arinos - MG. Método de Thornthwaite; Mather (1955). Período: 1977 – 2017.

De acordo com o BHC os meses de maior armazenamento de água no solo compreende o período de novembro a abril com volume armazenado variando entre 57 a 100 mm. Por outro lado, o período de maio a outubro teve as menores taxas de armazenagem, variando entre 0,5 a 25 mm. O período de deficiência hídrica ocorre entre os meses de abril a outubro (Figura 3), sendo que os meses com maior e menor deficiência hídrica são setembro com 110,1 mm e abril início do período de estiagem com 13,2 mm, respectivamente. O período de deficiência hídrica no município estudado possui duração de sete meses, fazendo-se necessário a disponibilização de água através da irrigação de forma a atender à necessidade hídrica das culturas agrícolas. De acordo com Araújo (2011) o balanço hídrico apresenta deficiência hídrica devido ao fato da evapotranspiração potencial ser maior do que as precipitações, característica marcante dos municípios da região semiárida do Brasil.



**Figura 3.** Balanço Hídrico Climatológico do Município de Arinos – MG. Método de Thornthwaite; Mather (1955). Período: 1977-2017.

No período chuvoso que compreende os meses entre novembro a março, em que as chuvas superam a evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR), ocorre a reposição de água no solo, fazendo com que o mesmo atinja a sua capacidade de armazenagem, favorecendo posteriormente a formação do excedente hídrico. Foi registrado excedente hídrico entre os meses de dezembro a março, totalizando 267,4 mm. O período de reposição de água no solo para o município estudado é observado nos meses de novembro e dezembro (Figura 4), que são os meses iniciais da estação chuvosa.



**Figura 4.** Extrato do balanço hídrico mensal. Método de Thornthwaite; Mather (1955). Período: 1977-2017.

A classificação climática foi realizada de acordo com valores dos índices hídrico, de aridez e de umidade. No índice de umidade (Iu) considerado como a “chave inicial” para a classificação, o valor de (Iu) foi de 0,77, sendo encontrado a tipologia C<sub>2</sub> indicando clima subúmido. Em seguida por meio da “segunda chave”, com base no índice de aridez (Ia)

igual a 31,8 e índice hídrico (Ih) igual a 19,85 obteve-se a letra **w**, caracterizando uma deficiência hídrica moderada no inverno. Já a “terceira chave” definida em função da evapotranspiração potencial anual (ETP<sub>anual</sub>) de 1346,9 mm, determinou-se o subtipo **A'** que indica clima megatérmico. Por último, através da “quarta chave”, em função da relação entre a evapotranspiração de verão (ETP<sub>v</sub>) igual a 465,1 mm obtida pelo

somatório da ETP dos meses de (dezembro, janeiro, fevereiro e março) pela evapotranspiração anual (ETP<sub>anual</sub>) igual a 1346,9 mm, determinou-se o subtipo **a'**. Sendo assim, a fórmula climática completa segundo Thornthwaite é **C<sub>2</sub>WA'a'**, ou seja, o clima para a cidade de Arinos-MG é caracterizado como megatérmico subúmido com deficiência hídrica moderada no inverno (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classificação climática do Município de Arinos, MG. Método de Thornthwaite (1948),

Ih (%)	Ia (%)	Iu (%)	ETP <sub>anual</sub>	ETP <sub>v</sub> /ETPa (%)
19,85	31,8	0,77	1346,9	34,53
-	w	C <sub>2</sub>	A'	a'

## CONCLUSÃO

A cidade de Arinos – MG apresenta sete meses de deficiência hídrica, com acumulado de 428,8 mm ao ano e pequeno excedente hídrico com pouco menos de 270 mm anual. Os meses de dezembro a março compreendem o período de excedente hídrico, enquanto que, os meses de abril a outubro compreendem o período de deficiência hídrica. O estudo revelou que a localidade apresenta distribuição irregular das chuvas com duas estações climáticas bem definidas: chuvosa e seca. As precipitações totais anuais atingem valores médios de 1185,5 mm para a estação avaliada. A classificação climática para o município de Arinos – MG ficou descrito como C<sub>2</sub>WA'a' caracterizando um clima megatérmico subúmido com deficiência hídrica moderada no inverno.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semi-árido do estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, p.143-151, 2005.

ARAÚJO, S. M. S. A Região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica**, v.5, n.5, p.89-98, 2011.

BLAIN, G. C. Considerações estatísticas relativas à oito séries de precipitação pluvial da Secretaria de Agricultura e abastecimento do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**. São Paulo, v. 24, n. 1, p. 12-23, Março 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862009000100002>

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.1, p.1-11, jan./mar. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1580/09/irriga.2009v14n1p01>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <  
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/arinos/panorama>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmp>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

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.

MEDEIROS, R. M., SILVA, J. A. S., OLIVEIRA SILVA, A., MATOS, R. M.; BALBINO, D. P. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a área produtora da banana do município de Barbalha, CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.7, nº. 4, p. 258 - 268, 2013. DOI: 10.7127/rbai.v7n400018

MOURÃO, M. A. A.; SIMÕES, E. J. M.; SOARES, A. G.; BRITO, R. M. D. A. de. Caracterização hidrogeológica do município de Arinos. Belo Horizonte: **CPRM; COMIG**, 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.

PASSOS, M. L. V., ZAMBRZYCKI, G. C., PEREIRA, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas - Ma. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 83-89, abr. 2017. ISSN 1983-2443. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i1.48584>

RELATÓRIO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS – 2017. (UN World Water Development Report – WWDR 2017). Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552por.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

ROLIM, G. de S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6. n.1, p.133-137, 1998.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, out./dez. 2010. DOI: 10.7127/RBAI.V4N300010.

SOUZA, A.P.; MOTA, L.L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C.C.; ALMEIDA, F.T.; PAULINO, J. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO ESTADO DE MATO GROSSO. **Nativa**, Sinop, v.1, n.1, p.34-43, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>

THORTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v. 38, p. 55-94, 1948

THORTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, 104p.