

## **BALANÇO HÍDRICO NA CIDADE DE BARBALHA-CE EM FUTUROS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Michelly Fernandes dos Santos (1); Fernanda Fernandes Pinheiro (1); Valéria Peixoto Borges (2); Robson de Sousa do Nascimento – Orientador (3)

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFPB. E-mail: [mfsagronegocios@gmail.com](mailto:mfsagronegocios@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFPB. E-mail: [fernandafpinheiro15@gmail.com](mailto:fernandafpinheiro15@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFPB - Professora Adjunta do Departamento de Solos e Engenharia Rural. E-mail: [valpborges@gmail.com](mailto:valpborges@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFPB – Orientador, Professor Adjunto do Departamento de Solos e Engenharia Rural. E-mail: [nascimento.professor@gmail.com](mailto:nascimento.professor@gmail.com)

### **Resumo:**

O semiárido nordestino tem grande variação de mudanças climáticas, onde as situações de seca, sempre são obstáculos para as populações rurais do interior da região e também são objetos de preocupação da sociedade e do governo. Essa região também se caracteriza pelo seu alto potencial para evaporar água, em função de sua grande disponibilidade de energia solar, das altas temperaturas e da baixa umidade do ar. O balanço hídrico fornece estimativa do armazenamento de água no solo, evapotranspiração real, da deficiência hídrica e do excedente hídrico em diversas escalas de tempo. Sendo assim, este trabalho, tem como objetivo principal calcular o balanço hídrico na cidade de Barbalha-CE em futuros cenários de mudanças climáticas comparando com valores normais. Os cenários de mudanças climáticas envolvem aumento e redução de temperatura em 1,4°C, juntamente com acréscimo de 15% na precipitação e temperatura de 4,0°C, juntamente com 20% de acréscimo na precipitação para o cenário otimista e pessimista respectivamente. Diante das projeções realizadas, com o aumento da temperatura observa-se uma alta evapotranspiração em todos os cenários, sendo mais alta no cenário pessimista, também foi possível observar que houve baixo ARM do solo no cenário normal e otimista e nenhum ARM no cenário pessimista, grande déficit hídrico em todos os cenários, tendo um maior déficit hídrico no cenário pessimista e um excedente apenas no cenário normal e otimista e nenhum no cenário pessimista. Portanto torna-se necessário fazer um planejamento de recursos hídricos para que seja implantado no sistema agrícola, para que possa melhorar a cadeia agrícola e obter produtividade no setor agropecuário do estado.

**Palavras chaves:** Balanço hídrico; Mudanças climáticas; Semiárido

## INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino tem grande variação de mudanças climáticas, onde as situações de seca, sempre são obstáculos para as populações rurais do interior da região e também são objetos de preocupação da sociedade e do governo, ao longo dos anos, tradicionalmente a região Nordeste esteve constantemente afetada por grandes secas ou grandes cheias (Marengo; Valverde, 2007). Essa região também se caracteriza pelo seu alto potencial para evaporar água, em função de sua grande disponibilidade de energia solar, das altas temperaturas e da baixa umidade do ar (Assis; Souza; Sobral, 2015).

As mudanças climáticas (MCs) são uma – ou, segundo muitos, são mesmo “a” questão socioambiental central de nosso tempo (Union of Concerned Scientists, 2017), não apenas pelo fato de ser um alcance global e com impactos de grandes proporções, mas por estarem relacionadas com uma série de outros desafios das sociedades contemporâneas, como conservação da biodiversidade, segurança alimentar, produção e consumo de energia, refugiados ambientais, demandas hídricas, entre outros. Na última década, a percepção pública da mudança climática evoluiu, quando comparada ao que acontecia em décadas passadas, essa evolução de percepção, é em parte, ocasionada devido a eventos facilmente compreendidos. O ano de 1998, por exempli, é considerado o mais quente desde os registros instrumentais específicos começaram a ser efetuados há aproximadamente 150 anos.

O planeta Terra, possui aproximadamente uma superfície completa de 510 milhões de Km<sup>2</sup>, no qual dois terços são formados por água, aproximadamente 360 milhões de Km<sup>2</sup>, no entanto, 98% desta água localiza-se nos oceanos, isto é, água salgada. As preocupações com essa problemática são muitas, pois vivemos em tempos de possíveis mudanças climáticas, podendo detectar desde oscilações drásticas de temperatura até mudanças nas épocas do início da estação chuvosa, e isso ocasiona vários prejuízos a agricultura. Segundo Marengo et al (2008), o atraso do início das chuvas ocasiona prejuízos ao setor agrícola, diminuindo a produtividade e até mesmo perdendo parte de sua produção. O que percebemos, é que cada vez mais são necessários estudos climatológicos em diversas regiões do mundo, principalmente na questão do armazenamento de água nas regiões agrícolas.

Araújo; Moraes Neto; Sousa (2009) afirmam que, em virtude da irregularidade da precipitação, é necessário que haja um monitoramento através do emprego de índices climáticos. Assim, é possível desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos secos ou chuvosos, podendo ter essas

informações sendo anuais ou mensais, assim sendo, pode-se relatar e ter conhecimento profundo sobre a climatologia de uma determinada região e examinar os impactos que o clima está causando na distribuição da precipitação pluviométrica nestes locais.

Uma das formas de termos esses dados e controle do monitoramento seria fazer balanços hídricos, que segundo (Thorntwaite; Mather 1955) é uma das diversas maneiras de se monitorar o armazenamento de água no solo. Sendo assim, o balanço hídrico é um sistema contábil de monitoramento da água no solo e isso se resulta da aplicação do princípio de conservação de massa para a água num volume de solo vegetado.

O balanço hídrico fornece estimativa do armazenamento de água no solo, evapotranspiração real, da deficiência hídrica e do excedente hídrico em diversas escalas de tempo. Desse modo para a tomada de decisão, o balanço hídrico pode ser classificado como balanço hídrico normal e balanço hídrico sequencial. Onde no balanço hídrico normal ou climatológico é frequentemente apresentado na escala mensal e para um “ano médio”, de maneira cíclica, nisso o BH normal é importante ferramenta para o planejamento agrícola, caracterização climática de uma região, auxiliando do subsídio de determinar a melhor época de plantio ou colheita e o tipo de manejo necessário para exploração agrícola. Já no balanço hídrico sequencial, ele permite acompanhar a disponibilidade de água no solo no momento de seu cálculo, podendo ser a escala de tempo compatível com as tomadas de decisões, seja ela diária, semanal, decenal, mensal ou anual.

Sendo assim, este trabalho, tem como objetivo principal calcular o balanço hídrico na cidade de Barbalha-CE em futuros cenários de mudanças climáticas comparando com valores normais.

## **METODOLOGIA**

### **Área de estudo**

O estado do Ceará, ocupa uma área territorial de 148.887,633 Km<sup>2</sup>, nisso, corresponde a aproximadamente 1,75% da área territorial do País (IBGE, 2013). Onde dos seus atuais 184 municípios, 150 deles estão inseridos na região semiárida, o que totalizam uma área de 126.514,9 Km<sup>2</sup>, sendo assim, 85% do estado estão em situação de baixos índices pluviométricos, conforme o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2015).

O Ceará apresenta clima semiárido com intensa variabilidade temporal e espacial de chuvas (CAVALCANTI et al., 2009). Assim como em outros estados da região nordeste, o estado do Ceará possui grande período de secas, é

uma de suas características climáticas, redução de precipitações e estiagem no segundo semestre (FUNCEME, 2017). E virtude destes cenários, as principais bacias hidrográficas do estado apresentam situação crítica.

O aumento da temperatura associado à mudança do clima é capaz de aumentar a evapotranspiração, aumentando a perda de água no solo, dificultando o armazenamento (ARM), isto no diz que com baixas precipitações a água se tornará escassa, aumentando o déficit hídrico, e por consequência prejudicando o desenvolvimento regional, no qual resultará em graves consequências. Para avaliar o impacto de cenários de mudanças climáticas no comportamento do armazenamento de água no solo (ARM), Evapotranspiração, Déficit Hídrico e Excedente, foi selecionado o município de Barbalha-CE. A localização da cidade é mostrada pela figura 1.



**Figura 1.** Localização da cidade utilizada do presente estudo. Fonte: Google Maps.

## Dados

Os dados meteorológicos de precipitação e temperatura utilizados neste trabalho foram oriundos das Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (RAMOS et al., 2009) para o período de 1961-2010. Foram elaborados três cenários (Normal, Pessimista e Otimista) para cálculo do Armazenamento de água no solo (ARM), Evapotranspiração potencial (ETP), Déficit Hídrico (DEF) e Excedente (EXC): (a) utilizando os dados médios mensais de temperatura do ar e precipitação para o período de 1961-2010, denominado de cenário observado. Os cenários futuros foram feitos para o ano de 2100. O (b) cenário 1 (Otimista), em que temperatura média mensal do ar é aumentada em  $1,4^{\circ}\text{C}$  e a precipitação mensal aumentada em 15% ( $T + 1,4^{\circ}\text{C}$  e  $P + 15\%P$ ); (c) cenário 2 (Pessimista), em que a temperatura média mensal do ar é acrescentada em  $4,0^{\circ}\text{C}$  e precipitação mensal somada de 20% ( $T + ,04^{\circ}$  e  $P + 20\% P$ ).

O BH foi calculado utilizando a planilha elaborada por Rolim et al., e foi utilizada a metodologia de Thornthwite e Mather (1955) para uma capacidade de Água Disponível (CAD) no solo de 50mm, pois os solos semiáridos não apresentam CAD superior a esse.

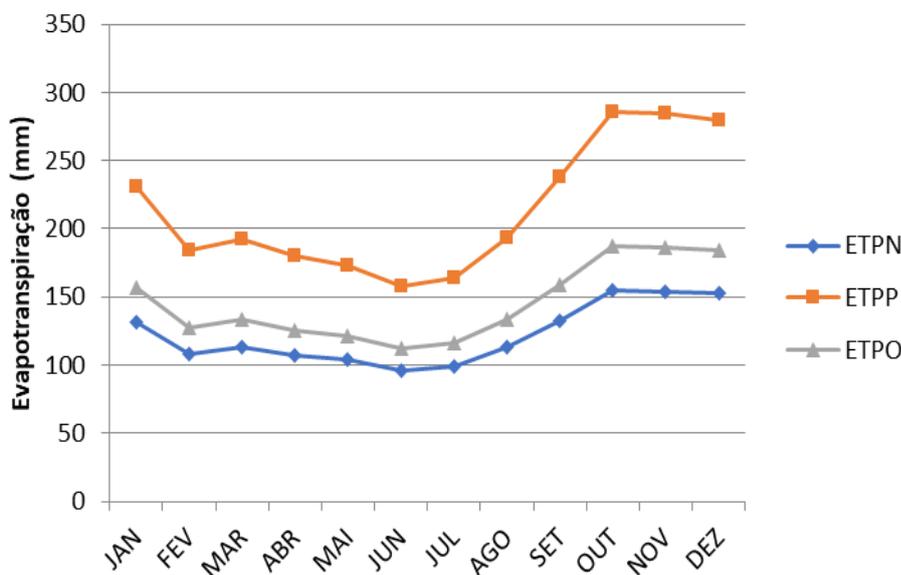
As características climáticas afetam todas as etapas das atividades agrícolas, sendo assim, é importante ter seu conhecimento, e se torna substancial para o planejamento agrícola, trazendo como exemplo, semeadura, épocas de plantio, períodos de colheita, manejo integrado, dentre outros (SOUZA et al., 2014).

O excesso ou falta de água atuam no sistema solo-planta-atmosfera, reduzindo a produtividade da cultura. Por meio do conhecimento do comportamento do balanço hídrico é possível realizar um planejamento para implantação de culturas de ciclo curto, aproveitando a época das chuvas e a manutenção de culturas anuais com sistema de irrigação nos meses de déficit hídrico. Saber deste conhecimento é de grande valia e importância, pois nos permite adequar as épocas de cultivo com os estádios de desenvolvimento da cultura onde mais precisam de água para completar seu ciclo (FENNER et al., 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

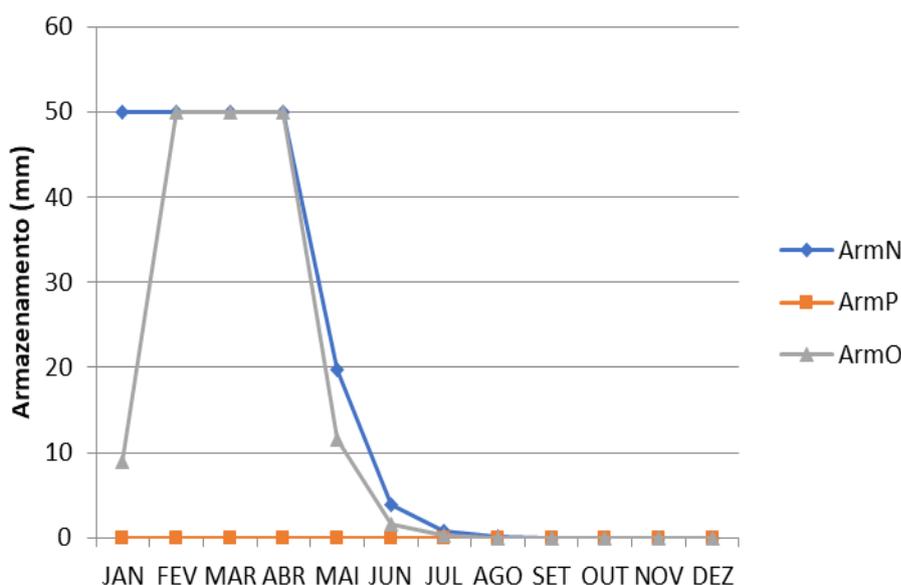
Na Figura 2 é possível observar a evapotranspiração nos cenários normal, otimista e pessimista, onde mostra que houve uma variação entre os cenários. Em que consta uma evapotranspiração no cenário normal com um pico maior de 155 mm no mês de Outubro, o cenário otimista com 187mm e o pessimista com 286 mm ambos no mês de Outubro. Vale ressaltar que houve uma grande diferença entre o

cenário otimista e o pessimista, no qual o pessimista apresenta uma evapotranspiração de 99 mm a mais que o cenário otimista. Tendo o cenário normal como base, nota-se que ocorreram mudanças entre as médias mensais da evapotranspiração, que aumentaram para todos os cenários. Nisso obteve-se maiores concentrações no mês de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro, ou seja, durante o verão e o início do inverno, sendo o mês de Outubro o maior pico de perda de água, com aproximadamente 290 mm.



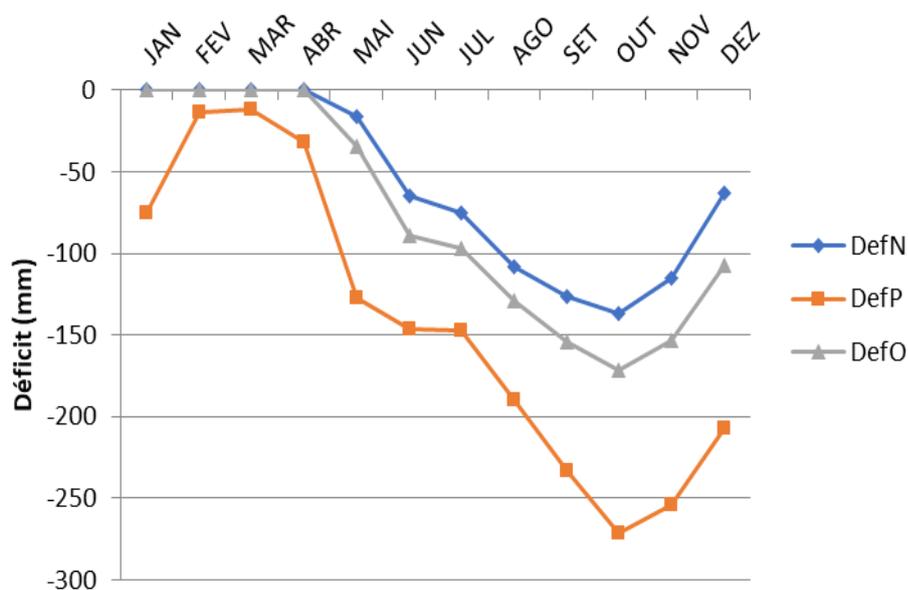
**Figura 2. Evapotranspiração em mm**

Na **Figura 3** mostra-se o armazenamento médio climatológico, onde observa-se as variações da água no solo entre 1 a 50 mm no cenário normal, nos meses de Janeiro a Julho, em que ocorreram os maiores picos de armazenamento nos meses de Janeiro a Abril com valor de 50 mm, esses mesmos valores também foram encontrados no cenário otimista, e no cenário pessimista não obteve nenhum quantitativo de ARM. Esse baixo armazenamento de água no solo pode ocorrer devido a uma série de fatores, entre eles estão baixa precipitação, altas temperaturas, muita perda d'água.



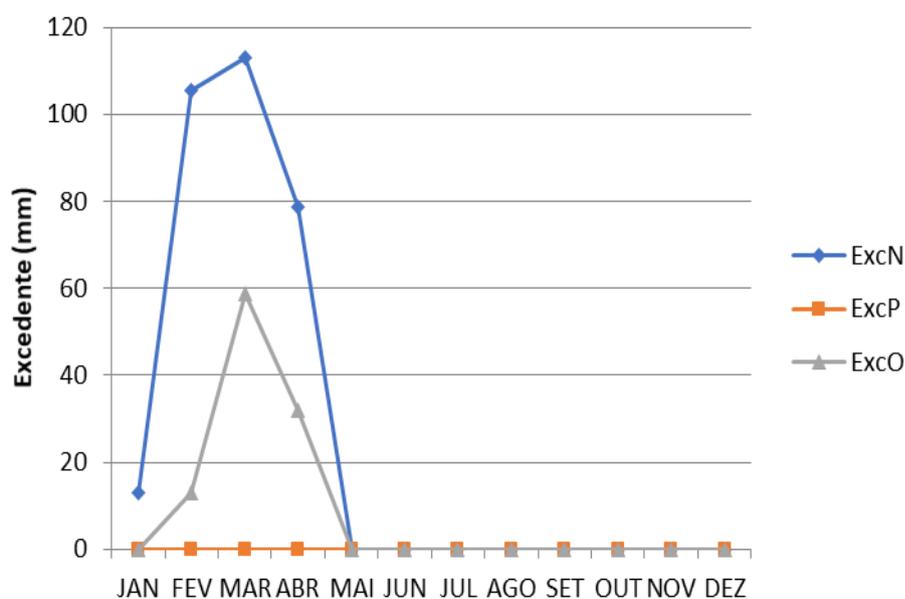
**Figura 3. Armazenamento de água no solo (ARM) em mm**

É possível observar por meio da Figura 4 que durante os meses de Maio a Dezembro ocorreu um maior índice de déficit hídrico, no entanto, no mês de Outubro apresentou o maior pico com o índice de 137 mm para o cenário normal, o mesmo foi encontrado durante os mesmos meses para o cenário otimista, apresentando o maior pico, com índice de 172 mm, os demais meses foram onde ocorreram os menores índices de déficit hídrico, o mês com o menor valor, foi o mês de maio com 16 e 35 mm respectivamente. Já para o cenário pessimista o déficit hídrico ocorreu durante todos os meses, onde o valor do déficit hídrico foi maior no mês de Outubro com 271 mm, e os menores valores foram encontrados de Janeiro a Abril, onde o menor valor foi encontrado no mês de Março com - 11 mm. Podemos observar uma grande diferença entre o cenário normal e o pessimista, pois foram encontrados valores em todos os meses no cenário pessimista, além de ter sido encontrado um valor dobrado a mais que o cenário normal no mês de Outubro com 134 mm. Isso pode ocorrer devido aos baixos índices pluviométricos durante os meses de Maio a Junho, em que a precipitação ocorrida durante esse período não é suficiente para realizar a reposição hídrica.



**Figura 4. Déficit hídrico em mm**

A **Figura 5**, mostra que o excedente hídrico no cenário normal ocorreu durante os meses de Janeiro a Abril, com o valor maior de 113 mm no mês de março, nos demais meses não obtiveram nenhum excedente. No cenário otimista, o excedente ocorreu apenas nos meses de Fevereiro a Abril, com o maior valor também no mês de março com 59 mm, isso significa que apresentou um baixo acúmulo de água no solo, diferente do cenário normal, no qual teve mais acúmulo de água, e nos demais meses não apresentaram nenhum excedente. No cenário pessimista não ocorreu nenhum excedente.



**Figura 5. Excedente Hídrico (mm)**

## CONCLUSÃO

O balanço hídrico da cidade de Barbalha-CE, mostrou que houve um grande déficit hídrico ou seja, grande perda de água para todos os cenários, apresentando maior pico no mês de outubro, no entanto, nos meses de janeiro a abril, foi onde ocorreu o menor índice de déficit hídrico para os cenários normal e otimista e apresentou um maior pico de armazenamento de água no solo, a partir de maio o ARM começou a cair e estagnar, ou seja não apresentou nenhum índice de reserva. O que nos remete a baixa precipitação pluvial, elevação das temperaturas e alguns fatores como baixa umidade do ar, entre outros. Isso nos diz que é necessário o acompanhamento desses dados, e que sejam aplicados ao planejamento e manejo agrícola do estado, facilitando a produtividade da economia agrícola com seus recursos hídricos integrados, garantindo a melhor produção das culturas e uma agricultura sustentável.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. 2013. Análise Climática da Bacia do rio Paraíba – índice de Anomalia de Chuva (IAC). Revista de Engenharia Ambiental, v. 6, n. 3, p. 508-523.

ASSIS, J.M.O.; SOUZA, W.M.; SOBRAL, M. C. M. 2015. Climate analysis of the rainfall in the lower-middle stretch of the São Francisco river basin based on the rain anomaly index. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online). v.2, p.188 – 202

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Nova delimitação do Semiárido brasileiro. Brasília, DF, 2005.

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. Bragantia, v.52, n.2, p.169 - 172, 1993.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F.; JUSTI, M. G. A. (Org.).Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 464 p., 2009

FENNER, W.; MOREIRA, P. S. P.; FERREIRA, F. S.; DALLACORT, R.; QUEIROZ, T. M.; BENTO, T. S. Análise do balanço hídrico mensal para regiões de transição de Cerrado-Floresta e Pantanal, Estado de Mato Grosso. Acta Iguazu, v. 3, n. 1, p. 72-85, 2014.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. <<http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/807-seca-no-cear%C3%A1-est%C3%A1-menos-grave-em-2017,-mas-ainda-preocupa#site>>. Acesso em out. 2017.

IPCE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo5/51.htm>> Acesso em: out. 2017.

MARENGO J. A. et al. Água e mudanças climáticas. São Paulo, SP. Julho, 2008.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, C. M; Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI

usando os modelos do IPCC-AR4 CPTEC/INPE Rodovia Dutra km. 40 12630-000 Cachoeira Paulista São Paulo, Brasil. Disponível em: <[http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_08/a\\_01\\_8.pdf](http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_08/a_01_8.pdf)>. Acesso em: out. 2017.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDYAMA, G.C. Evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 1997, 183p.

ROLIM, G.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, v. 6. n.1, p. 133-137, 1998

SOUZA, S. O.; CORREIA, W. S. C.; FILETI, R. B.; VALE, C. C. Balanço hídrico da bacia hidrográfica do Rio Caravelas (BA) como subsídio ao planejamento agrícola. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 7, n. 1, p. 83-92, 2014.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)

Union of Concerned Scientists. Global warming impacts: the consequences of climate change are already here. Disponível em:. Acesso em: out. 2017.