

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ –  
CAMPUS CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

GERLANE MARCIA DA SILVA  
NAYARA CRYSTINA PEREIRA PIRES

**BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE E  
MATHER PARA O MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA – PA**

CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA – PA  
2017

GERLANE MARCIA DA SILVA  
NAYARA CRYSTINA PEREIRA PIRES

**BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE E  
MATHER PARA O MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, Campus Conceição do Araguaia, como requisito para obtenção do Grau de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Esp. Erlan Silva de Sousa

GERLANE MARCIA DA SILVA  
NAYARA CRYSTINA PEREIRA PIRES

**BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE E  
MATHER PARA O MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará– IFPA, Campus Conceição do Araguaia, Como requisito para obtenção do Grau de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Esp. Erlan Silva de Sousa.

Data da Defesa \_\_\_/\_\_\_/2017

Conceito: \_\_\_\_\_

---

Orientador: Prof. Esp. Erlan Silva de Sousa  
Instituto Federal do Pará – Campus Conceição do Araguaia

---

Prof. Msc. Vitor Silva Barbosa  
Instituto Federal do Pará – Campus Conceição do Araguaia

---

Prof<sup>a</sup>. Esp. Any Karoline Cardoso de Moraes  
Instituto Federal do Pará – Campus Conceição do Araguaia

A Deus, que até aqui tem nos abençoado, as  
nossas mães Célia e Maria que nunca nos deixaram  
desamparadas, e a todos que de alguma forma  
contribuíram para nossa formação.

## AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus que é digno de toda honra e toda glória, e pelo senhor ter me proporcionado inteligência, paciência e força para conseguir vencer as dificuldades encontradas durante a caminhada e não ter me deixado desistir de realizar esse sonho.

A minha família que foi de suma importância o apoio e o amor, em especial minha mãe Maria Terezinha de Jesus por todo seu amor, cuidado e incentivo. Ao meu irmão Túlio Aigue da Silva por te me ensinado o dom da paciência e do cuidado e que eu podia ser mais forte do que eu pensava. As minhas irmãs Elaine Cristina de Jesus e Cristiane Maria de Jesus que sempre me ajudaram e apoiaram no que pode. E como não mencionar Simone Martins de Jesus que pode não ser irmã de sangue, mas criamos laços muito fortes que eu a considero tanto quanto fosse, obrigada por me ajudar tanto. A todos meus familiares meu pai Getúlio Aigue da Silva e claro não poderia deixar de citar meus amores, sobrinhos (a): Nicolas Christopher, Geovanna Cristina, Gabriel Christopher e Davi Leandro, tenho certeza que sem vocês eu não conseguiria.

Agradecer a minha parceira Nayara Crystina Pereira Pires, só nós sabemos quantas dificuldades e obstáculos passamos para poder chegar até aqui.

Aos meus colegas de turma por esses três anos de muitos carinhos e brigas é de momentos marcantes e importantes em nossas vidas. Em especial aos amigos que o IFPA me proporcionou que quero levar para a vida toda se assim Deus me permitir: Sammy Daves, Simey Araújo, José Rodrigo, Dione Pereira e Carlo Nascimento vocês fizeram com que cada momento fosse mais leve e feliz.

Aos meus amigos que me acompanham e aturam desde o ensino médio mesmo com à distância não deixaram de se fazer presentes e especiais: Breno Linhares, Monyck Isabhelly, Kerventhon Jhonatan e Ana Paula vocês sempre terão um lugarzinho muito especial em meu coração.

Ao nosso orientador Erlan Silva por ter aceito este desafio, pela sua paciência, dedicação e suas contribuições que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. A cada professor que passou pela turma MC obrigada por seus ensinamentos profissionais que foram de grande relevância para o momento acadêmico e para a vida.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, Campus Conceição do Araguaia por ter me proporcionado realizar o curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental que é de grande relevância para o meu aperfeiçoamento e crescimento profissional.

Se eu tiver esquecido de citar o nome de alguém me perdoe, mas a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desse trabalho fica o meu muito obrigado.

*Gerlane Márcia da Silva*

## AGRADECIMENTOS

É fato que Aquele que sempre iremos agradecer primordialmente chama-se Deus, que nos deu o sopro da vida e a oportunidade de estar nesse mundo vivendo e aprendendo, em momentos de dor e alegria. Por isto, agradeço a Ele pela oportunidade de estar aqui. Sem Ele nada sou. Obrigada papai do céu.

Mas entre aqueles que assim como eu receberam a vida, o meu primeiro e mais justo agradecimento a ser feito é à minha Mãe, Célia Maria. É fato que só o substantivo “Mãe” por si só já demonstra bastante importância, mas faço questão de destacar aqui o empenho que essa mulher teve, e as batalhas que enfrentou para me criar e me trazer até aqui. Obrigada mamãe, por tudo.

Agradeço também a minha família, que sempre me incentivou e me apoiou em tudo, nela inclui-se meus padrinhos, meus tios, que do jeito torto deles substituíram o lugar de pai em minha vida, minhas tias, primos e primas, principalmente a Bya, que mais que uma prima é uma amiga do coração. Agradeço ao meu pai, que insistiu muito para que eu nunca desistisse do curso. Aos meus irmãos que tanto amo Ailson Júnior, Naiob Gisele, José Emanuel e Anna Clara, que apesar de estar longe disto, luto para que um dia eles possam se espelhar em mim. E em especial agradeço a minha vizinha Neli, pois sei que todos os dias ela tem um motivo para se levantar, e esse motivo chama-se cuidar de nós.

Agradeço aos meus amigos que sempre me acompanharam nas minhas lutas diárias, e sempre me apoiaram no que tivesse ao alcance deles. Em especial aos meus amigos Wanessa e Rodrigo, que guardo no peito e os considero como meus irmãos. Obrigada por tudo que sempre fizeram por mim.

Aos amigos da turma de Gestão Ambiental MC, inesquecíveis. Que estiveram presentes na minha vida por mais de 3 anos, enfrentando dificuldades, aprendendo a conviver com as diferenças de cada um, onde levarei a maioria para todo o sempre comigo. Em meio a muitas brigas sei que brotaram amizades verdadeiras, entre estes gostaria de destacar minhas amigas Larissah e Kauanny, as três inseparáveis amigas da faculdade, e com certeza inseparáveis da vida real.

Ao meu amigo e orientador Erlan Silva, por toda a paciência, disponibilidade e dedicação que teve conosco para que pudéssemos chegar até aqui. Sei que agora não será mais meu orientador, mas sim um amigo que sempre me apoiará no que puder.

A minha amiga, companheira, irmã e parceira deste trabalho, Gerlane. Que sabe muito bem o quanto foi difícil para chegarmos até aqui, mas que lutou para que conseguíssemos.

E por fim, ao Instituto Federal do Pará por possibilitar meu crescimento pessoal e profissional, além de proporcionar os melhores anos da minha vida.

*Nayara Crystina Pereira Pires*

Quando a necessidade do meio ambiente superar a  
necessidade do consumo, a importância da  
consciência ambiental ficará evidente no mundo.

Ivo Leite

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar o balanço hídrico e a classificação climática de Thornthwaite e Mather para o município de Conceição do Araguaia-PA. Foram utilizados dados de temperatura e precipitação entre o período de 1986 a 2016 fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Calculou-se as médias mensais/anuais e estimou-se o balanço hídrico climatológico utilizando o programa computacional Excel “BHnorm”, elaborado por Rolim e Sentelhas (1998). Verificou-se que os meses com temperaturas mais elevadas foram agosto e setembro, com médias de 28,5°C, e com menores janeiro e fevereiro, com médias de 26°C. O mês com maiores índices pluviométricos foi dezembro, ultrapassando em quase todos os anos a média de 200mm, e com menores julho, que em quase todos os anos teve a média igual a 0mm. Foram identificadas por meio do balanço hídrico duas estações climáticas no município, uma seca e outra chuvosa, o clima predominante para a região foi  $C^2w^2A'a'$ , ou seja, subúmido, megatérmico com grande deficiência hídrica no inverno. O resumo eficiente do sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) e de Thornthwaite e Mather (1955) permitiu calcular o balanço hídrico e realizar a definição do clima do município de Conceição do Araguaia -PA.

Palavras-chaves: Thornthwaite e Mather. Balanço Hídrico. Classificação Climática.

## ABSTRACT

The objective of this study was to perform the water balance and a climatic classification of Thornthwaite and Mather for the municipality of Conceição do Araguaia-PA. Temperature and rainfall data were used between 1986 and 2016 provided by the National Institute of Meteorology (INMET). The monthly / annual averages were calculated and the climatological water balance was estimated using the computer program Excel "BHorn", elaborated by Rolim and Sentelhas (1998). It was found that the months with the highest temperatures were August and September, with averages of 28.5°C, and with the lowest January and February, with averages of 26°C. The month with the highest rainfall was December, surpassing in average the average of 200mm, and with lower averages in July. Two climatic seasons were identified in the municipality, one dry and one rainy, the predominant climate for the region was C<sup>2</sup>w<sup>2</sup>A'a', that is, subhumid, megahermitic with great water deficiency in the winter. The efficient summary of the climate classification system of Thornthwaite (1948) and Thornthwaite and Mather (1955) allowed to calculate the water balance and to realize the definition of the climate of the municipality of Conceição do Araguaia -PA.

Keywords: Thornthwaite and Mather. Hydric balance. Climate Classification.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Localização do município de Conceição do Araguaia-PA .....	23
---	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados de Temperatura.....	28
Gráfico 2 - Resultados de Precipitação .....	28
Gráfico 3 - Resultados de Temperatura e Precipitação .....	29
Gráfico 4 - Aumento de Temperatura e Precipitação ao Longo de 30 anos.....	30
Gráfico 5 - Extrato do balanço hídrico. ....	32
Gráfico 6 - Extrato do balanço hídrico. ....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de umidade de acordo com o método de Thornthwaite e Mather .....	25
Tabela 2 - Eficiência térmica e concentração no verão .....	26
Tabela 3 - Índice de aridez .....	26
Tabela 4 - Índice de Umidade . .....	26
Tabela 5 – Dados de temperatura em C°, precipitação, evapotranspiração potencial e real, altitude, déficit e excedente hídrico em mm .....	31

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1	Temperatura	15
2.2	Precipitação	16
2.3	Evapotranspiração	17
2.4	Balanço Hídrico Climatológico	19
2.5	Climatologia	20
2.6	Classificação climática	21
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>23</b>
3.1	Área de Estudo	23
3.2	Coleta de Dados	23
3.3	Determinação do balanço hídrico	24
3.4	Classificação Climática	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>28</b>
4.1	Balanço Hídrico	28
4.2	Classificação Climática	33
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das características climáticas de uma determinada região é necessário para que se possa estabelecer estratégias que visem um manejo mais adequado dos recursos naturais, almejando, dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável.

Estudos mostram que o homem só passou a buscar e registrar informações sobre os componentes da natureza quando se deu conta da interdependência das condições climáticas, principalmente daquelas que se resultam na deliberação da intervenção do meio natural. A partir daí ele tomou base para abranger seu conhecimento sobre o assunto (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2007).

Atualmente, a forma mais eficaz para o estabelecimento das condições climáticas de uma determinada região é a utilização de dados coletados nas estações meteorológicas, que possuem ferramentas para a obtenção de informações a respeito de precipitação, temperatura, velocidade do vento, evapotranspiração e umidade do ar, possibilitando a realização do balanço hídrico e da classificação climática de uma região.

A realização do balanço hídrico e da classificação climática são fundamentais para qualquer localidade. O balanço hídrico, segundo Jesus (2015), é uma das várias formas capazes de monitorar o armazenamento de água no solo, ou seja, a quantidade de água que entra e sai por meio de precipitação e evapotranspiração, determinando épocas de deficiência e excedente hídrico e identificando períodos cruciais dentro de um determinado espaço de tempo. Carvalho et al. (2011) considera o balanço hídrico climatológico uma das ferramentas mais usadas para a estimativa da deficiência e do excedente hídrico, da reposição e da retirada da água do solo e da quantidade de água armazenada no mesmo.

Por outro lado, a classificação climática serve para fazer a definição climática de forma detalhada de uma grande área ou região. Classificar o clima de uma determinada região é, de acordo com Cunha e Martins (2009, apud PASSOS; ZAMBRZYCKI; PEREIRA, 2016), definir os limites geográficos dos diferentes tipos de clima, sendo suficiente para avaliação do crescimento de plantas e animais, porém, não auxilia na previsão do tempo.

Charles Warren Thornthwaite, em 1948, criou dois sistemas, um para a obtenção do balanço hídrico climatológico e outro para a realização da classificação climática, que posteriormente em 1955, foi aperfeiçoado por John Russ Mather, explicando o fato de mencionarem os sistemas como “balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955)” e “classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955)”.

Varejão e Silva (2006, apud SOUZA et al., 2013), dizem que o balanço hídrico climatológico de 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.

Dentre os diversos sistemas de classificação climática, o de Thornthwaite e Mather está entre os mais utilizados, principalmente quando se volta para a agricultura.

O objetivo do presente trabalho é calcular o balanço hídrico e a classificação climática do município de Conceição do Araguaia, através do método de Thornthwaite e Mather (1955), realizado com base nas características climáticas do município de Conceição do Araguaia-PA.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Temperatura

Temperatura é, segundo Analógica (2013), “uma grandeza de caráter intensivo, mensurada por seus efeitos nos corpos físicos e não por um quantum, per si”, pois seus valores não são passíveis das operações algébricas permitidas para outras grandezas, ou seja, não pode ser somada e nem subtraída. Analógica dá o seguinte exemplo: se um corpo que possui 25°C for juntado a outro com exatamente a mesma temperatura, ele continuará com 25°C, pois não se permite fazer somatória entre ambos valores.

Domingos et al. (1979), diz que a noção de temperatura é, “sem qualquer dúvida, o primeiro conceito termodinâmico a ser aprendido por um animal”, pois este, basicamente, possui o mesmo sentimento de aversão por algo que lhes é termicamente desagradável que o Homem.

Galbiatti (2011), afirma que “os instrumentos que quantificam a temperatura sem subjetividade são chamados termômetros e também se fundamentam na lei zero da termodinâmica”, e que tal lei foi estabelecida em 1909 por Constantin Carthéodoty, que afirma que “dois sistemas postos em contato térmico alcançam um equilíbrio térmico” e “se cada um deles em separado estiver em equilíbrio térmico com um terceiro corpo, os dois estarão em equilíbrio entre si. ”

A termodinâmica - a ciência da energia no contexto mais amplo - de acordo com Krabbe e Selhorst (2013) surgiu lado a lado com a revolução industrial em decorrência do estudo sistemático sobre a conversão de energia térmica em movimento e trabalho mecânico. A ideia que se tem a partir da afirmação de Krabbe e Selhort, é que com a revolução industrial, a temperatura excessivamente se elevou, já que a população rural veio para o meio urbano rapidamente, criando microclimas no local.

Para a medição de temperatura de um local, é necessário que haja escalas termométricas, as mais utilizadas são a Celsius (oficializada em 1742 por Andrew Celsius), a Fahrenheit (criada em 1708 por Daniel Gabriel Fahrenheit) e a escala absoluta ou Kelvin (criada no século XIX por lorde Kelvin).

Krabbe e Selhorst (2013), resumem-nas como:

- Escala Celsius: baseada em dois pontos de calibração, o ponto de congelamento da água corresponde a 0°C e o ponto de ebulição da água corresponde a 100°C.

- Escala Fahrenheit: baseada em dois pontos fixos, o ponto de congelamento da água corresponde a 32°C e o ponto de ebulição da água a 212°F.
- Escala Kelvin: universalmente adotada em física, na qual o zero da escala representa o limite mais baixo que a temperatura pode atingir, ou o zero absoluto da temperatura. Ela é calibrada no chamado ponto tríplice da água, na qual o gelo, água líquida e vapor d'água coexistem em equilíbrio térmico e vale exatamente:  $T_3 = 273, 16K$ .

A definição da temperatura é um dos fatores principais para a realização de uma perfeita classificação climática. A relação entre ambas é tão intensa que, de forma popular, quando se pergunta sobre o clima de um determinado local a alguém, a primeira coisa a ser feita será relacioná-lo com a temperatura, assim, se o local tiver temperaturas elevadas, ele será determinado por “quente”, porém, se o local tiver temperaturas mais baixas, logo será determinado como “frio”.

Esta circunstância é o que faz, na maioria das situações, a confusão entre clima e tempo, tendo em vista que clima é o predeterminante da região e tempo é passageiro. Quando as temperaturas de um local variam, logo, vem o entendimento de que o clima também mudou, porém, este pensamento é errôneo.

## 2.2 Precipitação

Segundo a linha de pensamento Garcez e Alvarez (1988), a precipitação atmosférica é o conjunto de águas originadas do vapor de água que cai em estado líquido ou sólido sobre a superfície da terra.

Para Ayoade (2011) “em meteorologia, o termo “precipitação” é usado para qualquer deposição em forma líquida ou sólida e derivada da atmosfera”. Ele ainda complementa dizendo que: os índices que mais contribuem para o cálculo de precipitação são os de chuva e neve, mas o que melhor se mensura é o da água da chuva. Garcez e Alvarez (1988) também afirmam que sobre nossa latitude, as chuvas são as que apresentam maior interesse, e a elas é que se fará referências normalmente. Pereira, Angelocci e Sentelhas (2000), definem a chuva ou precipitação pluvial como a forma principal pela qual a água retorna da atmosfera para a superfície terrestre após os processos de evaporação e condensação.

Garcez e Alvarez (1988) descrevem os mecanismos de formação de precipitação da seguinte forma: “o ar quente e úmido, elevando-se por expansão adiabática, se resfria até atingir seu ponto de saturação. Uma parte do vapor de água se condensa sobre os núcleos de condensação, formando então as nuvens”. Porém, Pereira, Sentelhas e Angelocci (2000)

apontam que somente o processo de condensação em si não é capaz de realizar a formação da chuva, por formar gotas muito pequenas denominadas: *elementos de nuvem*, que permanecem em suspensão sustentada pela força de flutuação térmica. Para que haja precipitação é necessário que ocorra pelo processo de coalescência, ou seja, de gotas maiores. Pereira, Setelhas e Angelocci (2000) ainda ressaltam que quanto mais intensa for a movimentação dentro da nuvem, maior será a probabilidade de choque entre as gotas, resultando em gotas sempre maiores, até o limite da tensão superficial.

Para Reichardt (1987) a chuva é a principal fonte de suprimento de água para as espécies cultivadas (e não cultivadas) na maioria das regiões agrícolas (e não agrícolas) do mundo. É um elemento meteorológico bastante variável, no tempo e no espaço.

De acordo com Ayoade (2011) as precipitações podem ser classificadas em três tipos principais, sendo elas:

- Precipitação convectiva: causada pelo movimento vertical de uma massa de ar ascendente, que é mais quente que o meio ambiente. É mais intensa que a ciclônica ou orográfica, porém, mais curta é frequentemente acompanhada de trovões.
- Precipitação ciclônica: causada por um movimento vertical do ar em grande escala, associado com sistemas de baixa pressão como as depressões. É moderadamente intensa, contínua e afeta áreas muito extensas a medida que a depressão se desloca. Não é tão intensa como a convectiva, porém tem duração mais prolongada, durando em média de 6 a 12 horas.
- Precipitação orográfica: usualmente definida como aquela que é causada inteira ou principalmente pela elevação do ar úmido sobre terreno elevado.

Garcez e Alvarez (1988) define a precipitação orográfica como aquela que é causada por barreiras de montanhas abruptas que provocam o desvio para a vertical (ascendente) das correntes aéreas de ar quente e úmido.

A definição dos tipos de precipitação é de suma importância para estudos climáticos, bem como sua medição. As medidas de precipitação, segundo Garcez e Alvarez (1988) podem ser realizadas a partir de dois aparelhos, sendo eles: pluviômetro (medidor de altura pluviométrica diária) e pluviógrafo (medidor da intensidade da chuva). Por este motivo é que são implantadas estações meteorológicas em diferentes localidades, para que aja uma correta medição das variáveis climáticas.

### **2.3 Evapotranspiração**

De acordo com Berlato e Mollion (1981, apud SILVA, 2003), a evaporação “é um fenômeno físico, que propicia a mudança de estado da fase líquida para gasosa diretamente de uma superfície de água livre (mar, lago, rio, etc.) ou úmida (planta, solo)” ou seja “é o processo pelo qual a água, acumulada nas depressões do terreno ou em corpos d’água, se transforma em vapor e retorna à atmosfera” (FREIRE; OMENA, 2005).

Berlato e Mollion (1981, apud SILVA, 2003), afirmam que “quando essa mudança de estado ocorre através das plantas, recebe o nome de transpiração”, que, segundo Freire e Omena (2005), “consiste, basicamente, no transporte da água retida no solo até a superfície das folhas, pela ação das raízes das plantas e a perda para a atmosfera na forma de vapor”.

A junção de evaporação e transpiração recebe o nome de evapotranspiração, cujo termo, “é usado para descrever o processo de transferência de água para a atmosfera resultante da evaporação do solo e da transpiração das plantas” (MENDES, 2006). “A evapotranspiração é o processo pelo qual a água retorna à atmosfera, sob a forma de vapor, por evaporação das superfícies líquidas ou da umidade do solo ou por transpiração da vegetação” (FREIRE; OMENA, 2005).

Para entender o processo de evapotranspiração, deve-se relacioná-la com as condições climáticas, como a radiação solar, a temperatura, o vento, a precipitação, etc., com as características das plantas, sendo as espécies, o coeficiente de reflexão, a profundidade do sistema radicular, a idade, etc., e por último, mas não menos importante, com o manejo e tipo de solo, ou seja, a densidade e orientação do plantio (caso haja) e sua capacidade de armazenamento de água, conforme assim citado por Pereira et al. (2012, apud SILVA, 2014).

Silva (2003) explica que a evapotranspiração pode ser obtida de diferentes maneiras, sendo elas de formas direta (através de lisímetros e do balanço hídrico do solo) ou indireta (a partir de fórmulas, teóricas e empíricas que utilizam dados do solo e dados meteorológicos),

Existem dois tipos de classificações para a evapotranspiração, sendo evapotranspiração potencial e evapotranspiração real. A potencial, segundo Penman (1956, apud SILVA, 2014), refere-se à quantidade de água transferida para a atmosfera, na unidade de tempo, de uma superfície completamente coberta de vegetação de baixo porte e bem suprida de água, ou seja, a evapotranspiração de uma superfície bastante saturada. Enquanto que a evapotranspiração real trata-se da água transferida para a atmosfera tanto por evaporação, quanto por transpiração, em suas reais condições de fatores atmosféricos e de umidade do solo. Ou seja, a evapotranspiração potencial sempre será superior a real (FREIRE; OMENA, 2005).

A evapotranspiração é um dos principais componentes do balanço de água no solo por possuir grande utilidade na climatologia tanto para classificações climáticas quanto para a

quantificação das disponibilidades hídricas regionais, pois ela compara a precipitação com a variação no teor de água no solo (MENDES, 2006).

## 2.4 Balanço Hídrico Climatológico

Entende-se por balanço hídrico “a contabilização de água do solo resultado da aplicação do Princípio de Conservação de Massa num solo vegetado” (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2000). É a somatória da quantidade de água que entra e sai de uma determinada porção de solo, num dado intervalo de tempo, resultando no que permanecerá de água disponível às plantas (REICHARDT, 1985). Ou seja, a quantidade de água no solo é o que diretamente determinará o balanço hídrico climatológico.

Segundo Rossato (2002), o solo é, além de armazenador, fornecedor de água e de nutrientes às plantas, pois através de fenômenos de adsorção e capilaridade, ele consegue reter a umidade que as plantas precisam entre uma chuva e outra.

Para que o balanço hídrico climatológico do solo seja preciso, dependerá de como são medidos os componentes de equação de conservação da água (MENDES, 2006). Para isso, existem vários métodos de elaboração do balanço hídrico climatológico, entre eles está o de Thornthwaite (1948), aperfeiçoado por Mather (1955), que desenvolveu um modelo de Balanço Hídrico Climatológico para determinar o regime hídrico de um local sem a necessidade de medidas diretas das condições do solo. Para sua elaboração, é preciso definir a capacidade de armazenamento máximo de água do solo tanto do total de precipitação, quanto da estimativa da evapotranspiração potencial em cada período.

Rossato (2002) ressalta que o método utilizado por Thornthwaite e Mather (1955) considera que a taxa de perda de água por evapotranspiração varia linearmente com o armazenamento de água no solo, e que quando o solo está com a umidade correspondente a capacidade do campo ela é máxima, já quando se encontra no ponto de murchamento permanente, ela é nula.

O balanço hídrico desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. A contabilização do suprimento natural de água ao solo, ou seja, a chuva/precipitação e da demanda atmosférica (evapotranspiração potencial), somadas ao nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD), conseguem, através do balanço hídrico, o fornecimento de estimativas da evapotranspiração real, da deficiência hídrica, do excedente hídrico e do armazenamento de

água no solo, fazendo com que o balanço hídrico torne-se num indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2000).

O Balanço Hídrico Climatológico, segundo Lima et al. (2012), tem sido muito utilizado para estudar a aptidão agrícola, pois através dele serão obtidas respostas sobre a necessidade de irrigação ou drenagem do solo que será utilizado para a atividade. Além disso, ele também vem sendo utilizado para estimar parâmetros de natureza climática, estabelecendo a partir disso comparações entre as condições predominantes de um local e de suas localidades distintas. A ideia que se tem é que ele seja adotado para todas as localidades de uma região, para também fazer comparações entre elas através de seus resultados (ROSSATO, 2002).

## 2.5 Climatologia

O clima, de acordo com Espíndula (2010) “é a sucessão habitual de condições do tempo, em um determinado local. Cruz, Borba e Abreu (2010) citam que desde o começo da formação da Terra, ele vem se modificando, ora mais intensamente, como nos períodos glaciais, e ora mais lentamente, como nas eras interglaciais ou a que vivemos atualmente.

O clima talvez seja o mais importante componente do ambiente natural, pois ele afeta os processos geomorfológicos, os processos da formação do solo e até mesmo o crescimento e desenvolvimento das plantas, ademais, ele é a principal base da vida, pois estão em sua dependência a água, os alimentos, o ar que respiramos e até mesmo os abrigos e moradias (AYOADE, 2011).

Para o condicionamento do clima, destacam-se os fatores relevo, vegetação, corpos d’água, altitude, maritimidade, massas de ar e correntes marítimas. Já para seus elementos climáticos, inclui-se a radiação, a temperatura, a umidade absoluta e relativa, a pressão atmosférica e os ventos. Além de “ser influenciado pelos movimentos da Terra e pela presença de cidades” (ESPÍNDULA, 2010). Além dos fatores climáticos, deve-se salientar o papel da vegetação e das atividades humanas na definição dos tipos climáticos, pois a interação destes com o balanço de radiação e a atmosfera, dá origem a particularidades climáticas regionais e locais (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2007).

Já para Cruz, Borba e Abreu (2010), o próprio homem possui influência sobre o clima do planeta, e mesmo não conseguindo quantificá-la, fazem rigorosamente uma premonição de intensidade nos fenômenos naturais, como invernos mais rigorosos, verões mais intensos, cheias e secas maiores, entre outros. Fairchild et al. (2003) faz concordância com a afirmação quando diz que o ser humano, como agente transformador do planeta, parece catalisar processos

geológicos, induzindo, provocando e aumentando num curto prazo resultados que a natureza normalmente levaria séculos, milênios ou milhões de anos para fazer ou desfazer. Mas ao mesmo tempo o contradiz complementando que “isso não é problema para o planeta, pois ele já sobreviveu a inúmeras crises sem a presença do ser humano”.

Quando se trata de clima, refere-se a um conjunto de dados, sendo eles temperatura, pressão e umidade a respeito das condições atmosféricas de um determinado local, durante um período cronológico específico, normalmente de 30 anos. O tipo de clima dependerá de uma série de fatores, e até mesmo a presença do ser humano já consegue alterá-lo (CRUZ, BORBA e ABREU, 2010).

Os fenômenos climáticos possuem uma grande variabilidade, pois enquanto apresentam uma forte periodicidade, nos permitindo dizer que no dia 22 de setembro começa a primavera no hemisfério sul, não possibilitam dizer se daqui a quatro dias choverá ou não (CRUZ; BORBA; ABREU, 2010).

“Um dos mais importantes fenômenos climáticos periódicos de nosso planeta são as estações do ano, elas são: outono: 20 de março a 20 de junho; inverno: 21 de junho a 22 setembro; primavera: 23 de setembro a 21 de dezembro; verão: 21 de dezembro a 19 de março. Essas datas variam um pouco devido às peculiaridades de nosso calendário que consideram a existência dos anos bissextos”. (CRUZ; BORBA; ABREU, 2010)

Ayoade (2011) faz uma forte relação entre o clima e os problemas vivenciados socialmente, entre eles encontram-se os fatores saúde, conforto térmico e vigor físico e mental. Para ele, o clima tem o poder de afetar a agricultura, determinando assim a adequação de suprimentos essenciais para a vida humana, através do controle do clima exercido sobre os estágios da cadeia de produção agrícola. Ou seja, com um clima desfavorável à agricultura, é impossível que ocorra a produção de alimentos, dando início a uma crise contínua de fome, acarretando a morte.

Por ter grande variação o clima pode sofrer muitas alterações entre um local e outro. O Brasil por exemplo, é um país com grandes variações climáticas, que dependem extremamente de características próprias de cada local. Em alguns casos essa variação é tão intensa que um estado apenas pode ter dois ou mais tipos de clima.

## **2.6 Classificação climática**

A classificação climática é um mecanismo de informação que fornece um arcabouço eficiente na organização de dados climáticos, para que se possa compreender as complexas

variações do clima no mundo. Ela é de grande importância, pois analisa e define os climas de diferentes regiões levando em consideração diversos elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando, assim, a troca de informações e análises posteriores para diferentes objetivos (AYOADE, 2011).

Existem vários modelos de classificações climáticas, que utilizam diferentes variáveis, ou que utilizam as mesmas, mas de formas diferentes. Ayoade (2011) diz que esses modelos são divididos em duas abordagens, sendo eles os genéticos e empíricos. Para ele, os genéticos estão baseados nos controles climáticos que determinam ou causam diferentes climas, onde são incluídos os padrões de circulação da área, a radiação líquida e os fluxos de umidade. Já a classificação empírica se baseia nos próprios elementos climáticos observados, ou em seus efeitos sobre outros fenômenos ou sobre o homem.

Charles Warren Thornthwaite, criou um sistema classificação climática onde prioriza a busca de resultados de evapotranspiração potencial e à compara com a precipitação. Porém, para chegar a esse resultado, são necessárias outras informações, sendo o índice de umidade, o índice de aridez, e o índice de eficiência térmica para os hemisférios norte e sul onde a umidade total é o resultado desta comparação e é o que permitirá a definição da classificação climática do local.

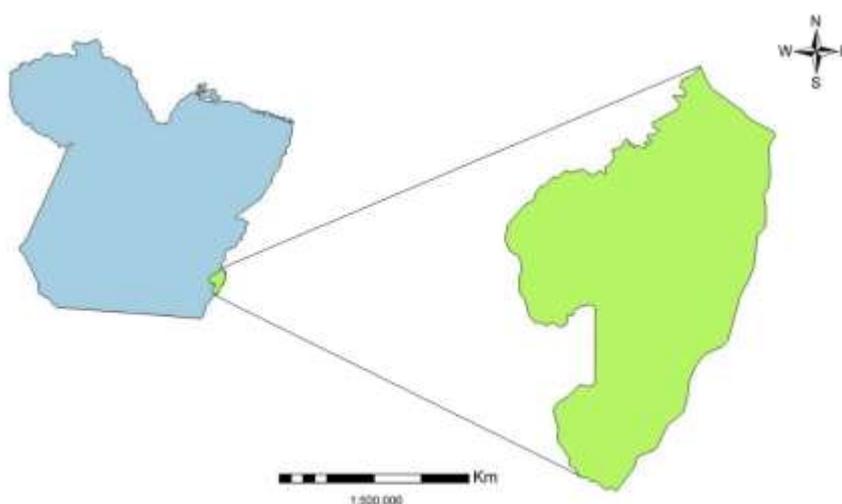
No Sistema de Classificação Climática de Thornthwaite (1948), a planta não é vista como um instrumento de integração dos elementos climáticos, e sim, como simplesmente um meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para a atmosfera. Dessa forma, um tipo de clima é definido como seco ou úmido relacionado às necessidades hídricas das plantas, ou seja, dependente de um balanço hídrico. Assim, este sistema de classificação climática é considerado um método mais refinado que os demais para aplicações agrícolas (TREWARTHA, 1954).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Área de Estudo

O presente estudo foi desenvolvido no município de Conceição do Araguaia (Figura 01) situado às margens do Rio Araguaia, na mesorregião sudeste do estado do Pará à 991 Km da capital Belém, entre as coordenadas geográficas 8°15'29''S e 49°16'11''O, fazendo limites entre os municípios de Floresta do Araguaia (PA), Redenção (PA) e Couto Magalhães (TO).

Figura 1 - Localização do município de Conceição do Araguaia-PA



Fonte: Autoria própria, 2016.

Segundo dados do IBGE (2016), o número estimado de habitantes do município é de aproximadamente 46.485 pessoas e sua área de extensão territorial é 5.829,482km<sup>2</sup>. A economia do município é voltada principalmente para prefeitura municipal, pois nela encontra-se o maior número pessoas empregadas, porém, a agricultura com o (cultivo de soja e abacaxi), a pecuária e o turismo também têm forte influência, assim como outras atividades desenvolvidas por pequenas empresas privadas, lojas de roupas, móveis, calçados, postos de combustíveis, supermercados, farmácias etc., que também empregam boa parte da população, movimentando o setor econômico.

#### 3.2 Coleta de Dados

Para a realização deste trabalho foram obtidos dados climatológicos de precipitação e de temperatura média do ar, coletados através da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), cuja coordenadas são 8°16'0.001"S e 49°16'0.001"O. A estação meteorológica localiza-se no município de Conceição do Araguaia-PA, cujos dados obtidos foram entre período de janeiro de 1986 a dezembro 2016, totalizando 30 anos.

### 3.3 Determinação do balanço hídrico

Os resultados de balanço hídrico climatológico foram obtidos a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), contando com o auxílio do software "BHnorm" afim de facilitar os cálculos, elaborado em uma planilha do Excel por Rolim e Sentelhas (1998), definindo, a partir de informações sobre precipitação, evapotranspiração potencial e capacidade de armazenamento disponível de água no solo, valores de evapotranspiração real, altitude, excedente hídrico e deficiência hídrica do solo.

Thornthwaite e Mather (1955), usaram as seguintes equações para determinar a evapotranspiração potencial, descritas por Kuinchtner e Buriol (2001):

$$ETP = 1,6 (10 T/I)^a$$

Em que ETP é a evapotranspiração potencial (cm), para o mês de 30 dias, considerando 12 horas de duração para cada dia; T é a temperatura média mensal em °C; I um índice térmico anual; e "a" uma constante que varia de local para local.

O I é a soma dos 12 índices térmicos mensais, i:

$$I = \sum_{n=1}^{12} i_n$$

Em que:

$$I_n = (T_n/5)^{1,514}$$

Sendo T<sub>n</sub> a temperatura média mensal (°C) para o n-ésimo mês e n=1,2,3...,12 representam os meses do ano.

A constante "a" é estimada pela seguinte equação:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239$$

O balanço hídrico foi calculado considerando a capacidade de armazenamento disponível de água no solo de 100mm (THORNTHWAITE; MATHER,1955).

### 3.4 Classificação Climática

A classificação climática foi baseada no método proposto por Thornthwaite (1948) aperfeiçoado por Mather (1955).

O primeiro cálculo realizado para a obtenção dos resultados de classificação climática foi para o índice hídrico (Ih), sendo:

$$Ih = \frac{EXC_T}{ETP_T} \times 100$$

Em que  $EXC_T$  refere-se a excedente hídrico em mm total anual e  $ETP_T$  à evapotranspiração o valor total anual.

O segundo cálculo foi para o índice de aridez, sendo:

$$Ia = \frac{DEF}{ETP} \times 100$$

Em que  $DEF_T$  é a deficiência hídrica total anual.

Para obtenção do resultado final, foi utilizada a equação que representa o Índice de Umidade (Iu), sendo:

$$Iu = Ih - 0,6 \times Ia$$

Os resultados de eficiência térmica (TE), variam de acordo com a evapotranspiração total anual de cada localidade, já sua concentração no verão pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$$SC = \frac{ET_{T11} + ET_{T12} + ET_{T01}}{ET_{OT}} \times 100$$

A adequação sazonal para a definição de climas úmidos é calculada de acordo com o índice de aridez, já para climas secos é calculada de acordo com o índice de umidade. Os valores do excedente hídrico e do déficit hídrico são obtidos pelo método de armazenagem hídrica climática de Thornthwaite e Mather (1955), enquanto que os valores de evapotranspiração potencial podem ser calculados com a utilização da fórmula empírica baseada na temperatura (THORNTHWAITE, 1948).

A partir do resultado da equação para índice de umidade, realizou-se a classificação climática de acordo com a tabela 01. A tabela 02 representa a eficiência térmica e sua concentração no verão. A adequação sazonal de umidade para climas úmidos e secos podem ser representadas respectivamente pelas tabelas 03 e 04.

Tipos Climáticos		Índice de Umidade (Iu)	
Tipo De Umidade Climática	Thornthwaite (1948)	Thornthwaite e Mather (1955)	
A Perúmido	100 acima	100 acima	
B <sub>4</sub> Úmido	80 a 100	80 a 100	
B <sub>3</sub> Úmido	60 a 80	60 a 80	
B <sub>2</sub> Úmido	40 a 60	40 a 60	
B <sub>1</sub> Úmido	20 a 40	20 a 40	
C <sub>2</sub> Subúmido chuvoso	0 a 20	0 a 20	
C <sub>1</sub> Subúmido seco	-20 a 0	-33,3 a 0	
D Semiárido	-40 a -20	-66,7 a 33,3	
E Árido	-60 a -40	-100 a -66,7	

Fonte: Thornthwaite, 1948.

Tabela 2 - Eficiência térmica e concentração no verão.

Eficiência Térmica		Concentração no Verão	
Tipo	EPT (mm)	Tipo	Concentração (%)
A' Megatérmico	1140 E Acima	a'	Abaixo 48
B' <sub>4</sub> Mesotérmico	997 – 1140	b' <sub>4</sub>	48 – 51,9
B' <sub>3</sub> Mesotérmico	855 – 997	b' <sub>3</sub>	51,9 – 56,3
B' <sub>2</sub> Mesotérmico	712 – 855	b' <sub>2</sub>	56,3 – 61,6
B' Mesotérmico	570 – 712	b'	61,6 – 68
C' <sub>2</sub> Microtérmico	427 – 570	c' <sub>2</sub>	68 – 76,3
C' <sub>1</sub> Microtérmico	285 – 427	c' <sub>1</sub>	76,3 – 88
D' Tundra	142 – 285	d'	Acima De 88
E' Geada	Abaixo De 142		

Fonte: Thornthwaite, 1948.

Tabela 3 - Índice de aridez.

Clima Úmido (A, B, C <sub>2</sub> )	Índice de Aridez
r Pouco ou nenhum déficit hídrico	0 – 100
s Déficit hídrico moderado no verão	10 – 20
w Déficit hídrico moderado no inverno	10 – 20
s <sub>2</sub> Grande déficit de verão	Acima de 20
w <sub>2</sub> Grande déficit de inverno	Acima de 20

Fonte: Thornthwaite, 1948.

Tabela 4 - Índice de Umidade.

<b>Clima Seco (C, D, E)</b>	<b>Índice de Umidade</b>
d Pequeno ou nenhum excedente de água	0 – 16,7
s Excedente moderado no inverno	16,7 – 33,3
w Excedente moderado no verão	16,7 – 33,3
s <sub>2</sub> Grande excedente de inverno	Acima de 33,3
w <sub>2</sub> Grande excedente de verão	Acima de 33,3

Fonte: Thornthwaite, 1948.

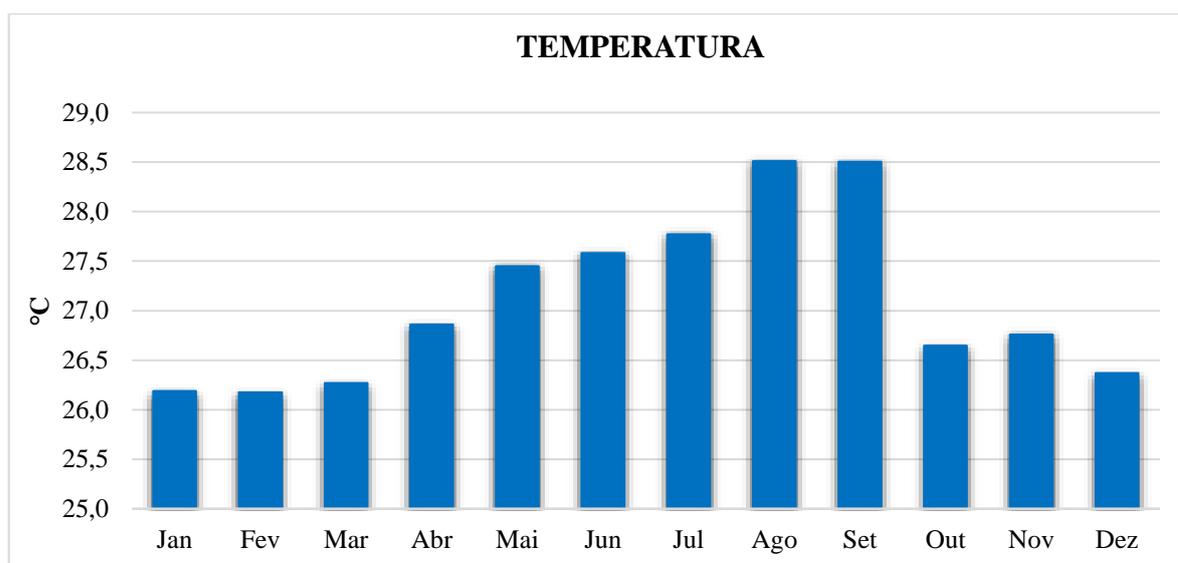
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Balanço Hídrico

Para estimar-se o balanço hídrico foram analisados dados de temperatura e precipitação entre o período de 1986 a 2016, equivalente a 30 anos, no município de Conceição do Araguaia - PA a partir de informações fornecidas pelo INMET.

Os resultados referentes as médias mensais de temperatura podem ser visualizados no gráfico 1. Observou-se que a temperatura ao longo dos meses do ano manteve-se entre 26°C e 28,5°C, cujas médias mais baixas estão entre dezembro e março e as mais elevadas entre julho e setembro. O mês de setembro destacou-se com as médias de temperaturas mais altas do período, chegando a ultrapassar 30°C em alguns anos.

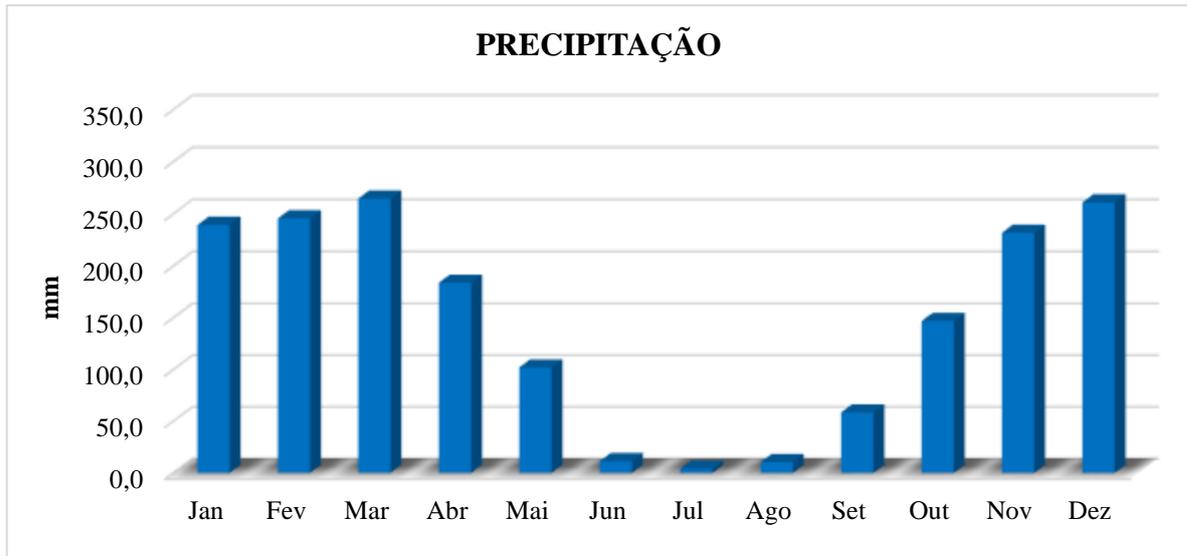
Gráfico 1 - Resultados de Temperatura



Fonte: INMET, 2017.

O gráfico 2 apresenta os dados das médias mensais de precipitação. Pode-se verificar que a estação chuvosa ocorre entre os meses de novembro e março, enquanto a que seca ocorre entre os meses de maio e setembro. É importante destacar que o mês de dezembro, obteve as maiores médias de chuva, alcançando sempre níveis aproximados ou superiores a 400mm. Por outro lado, cabe destacar também o mês com menores médias, sendo julho, no qual foi verificado que em quase todos os anos seus valores médios foram iguais ou aproximados a 0mm.

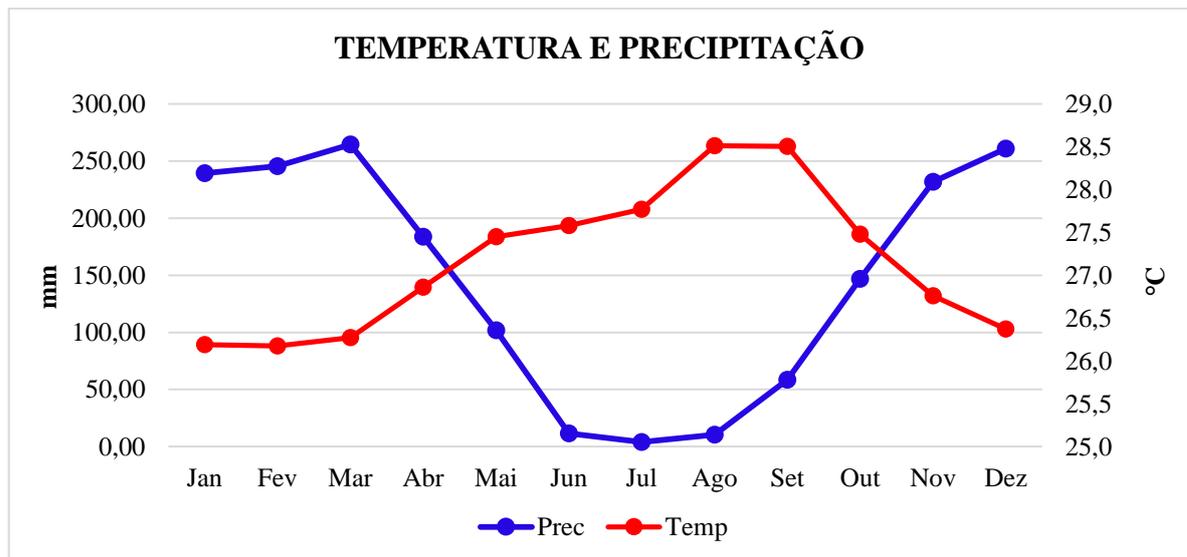
Gráfico 2 - Resultados de Precipitação



Fonte: INMET, 2017.

O gráfico 3 apresenta a comparação entre as médias mensais de temperatura e precipitação. Pôde-se perceber que quanto mais alta a temperatura, menores são os valores de precipitação. Os níveis de temperatura variaram cerca de 2°C durante os meses do ano, enquanto que os de precipitação se elevaram apenas em um período do ano, perfazendo-se totalmente nos demais períodos.

Gráfico 3 - Resultados de Temperatura e Precipitação

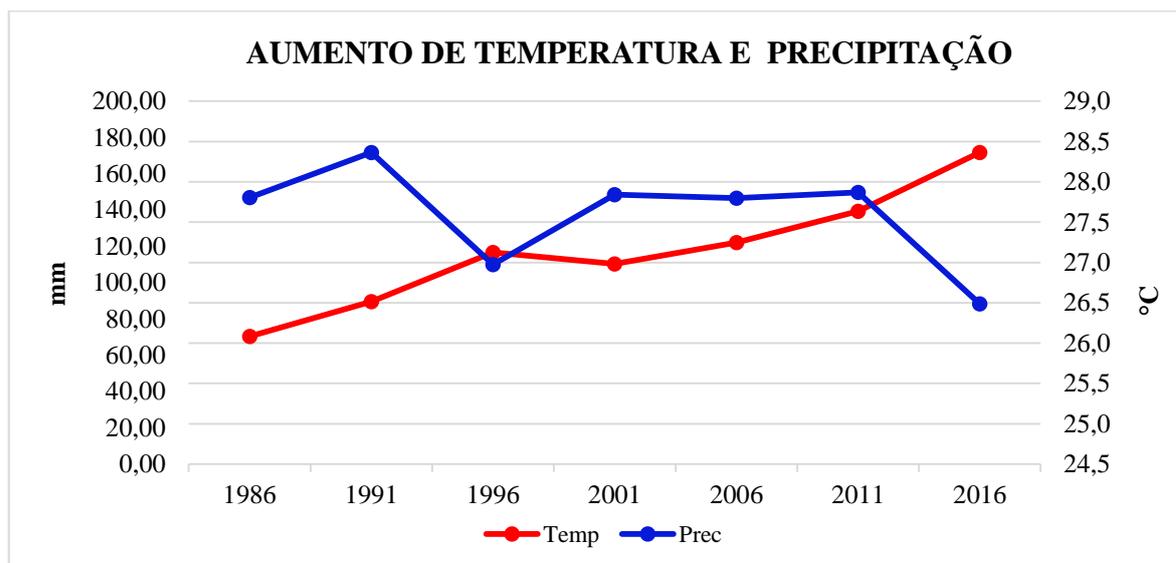


Fonte: INMET, 2017.

“Este comportamento é normal considerando que o período menos chuvoso apresenta menor quantidade de nuvens o que significa uma maior radiação, logo maiores temperaturas” (ROMANO et al., 2015).

Fazendo uma análise comparativa dos resultados obtidos entre o período de 1986 a 2016 (gráfico 4), constatou-se que a temperatura se elevou de 26,1° para 28,4°, resultando em um aumento de mais de 2°C, enquanto que os níveis de precipitação diminuíram, sendo que em 1986 a média anual foi de 146,9mm e em 2016 88,25mm.

Gráfico 4 - Aumento de Temperatura e Precipitação ao Longo de 30 anos.



Fonte: INMET, 2017.

Diante das informações levantadas inferiu-se que o aumento da temperatura pode estar relacionado ao crescimento da cidade ao longo do período estudado, tendo em vista que o processo de urbanização provoca ilhas de calor.

Feitosa (2011) diz que “o crescente processo de urbanização verificado nas cidades contribui para as alterações observadas no clima, em especial em áreas pouco arborizadas e com maior densidade de construções”. Ele ainda diz que “dentre as diversas transformações ocorridas no espaço urbano, a supressão da cobertura vegetal é uma das que contribui para alterar o clima da cidade, através de mudanças nos seus elementos meteorológicos”.

A mudança do clima pode impor uma grande ameaça ao desenvolvimento sustentável, por poder afetar diretamente grande parte da população, como a saúde, os recursos hídricos, a infraestrutura dos meios urbanos e rurais, as florestas e a biodiversidade e até mesmo os setores econômicos, entre eles a agricultura, a pesca, a produção florestal, a geração de energia e as indústrias.

Analisando o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) 2007, Silveira et al. (2014) diz que o aumento da temperatura global está relacionado ao aquecimento observado nas últimas décadas, o que pode causar mudanças no ciclo hidrológico, por meio de

modificações dos padrões de precipitação e evapotranspiração, causando impacto diretamente na umidade do solo, na reserva subterrânea e na geração do escoamento superficial.

A tabela 05 apresenta um extrato das variáveis do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955) para a estação meteorológica do município de Conceição do Araguaia, no período de 1986 a 2016. Onde T é a temperatura; P é a precipitação; ETP a evapotranspiração potencial ou de referência; ALT a alteração do armazenamento de água no solo, sendo que + indica recarga e - indica retirada; ETR a evapotranspiração real; DEF a deficiência hídrica; e EXC o excedente hídrico. O CAD considerado foi de 100mm.

Tabela 5 – Dados de temperatura em C°, precipitação, evapotranspiração potencial e real, altitude, déficit e excedente hídrico em mm.

<b>Mês</b>	<b>T (°C)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>P-ETP (mm)</b>	<b>ALT (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>EXC (mm)</b>
<b>Jan</b>	26,2	239,41	131,16	108,3	0,00	131,2	0,0	108,3
<b>Fev</b>	26,2	245,70	121,08	124,6	0,00	121,1	0,0	124,6
<b>Mar</b>	26,3	264,59	134,02	130,6	0,00	134,0	0,0	130,6
<b>Abr</b>	26,9	183,79	138,92	44,9	0,00	138,9	0,0	44,9
<b>Mai</b>	27,5	101,92	153,72	-51,8	-40,43	142,3	11,4	0,0
<b>Jun</b>	27,6	11,40	149,61	-138,2	-44,62	56,0	93,6	0,0
<b>Jul</b>	27,8	3,97	158,52	-154,5	-11,77	15,7	142,8	0,0
<b>Ago</b>	28,5	10,50	177,60	-167,1	-2,59	13,1	164,5	0,0
<b>Set</b>	28,5	58,45	174,65	-116,2	-0,41	58,9	115,8	0,0
<b>Out</b>	27,5	146,86	159,03	-12,2	-0,02	146,9	12,1	0,0
<b>Nov</b>	26,8	231,83	140,97	90,9	90,86	141,0	0,0	0,0
<b>Dez</b>	26,4	260,96	139,07	121,9	8,97	139,1	0,0	112,9
<b>Anual</b>	27,2	1759,4	1778,36	-19,0	0,00	1238,2	540,2	521,2

Fonte: A autoria própria, 2017.

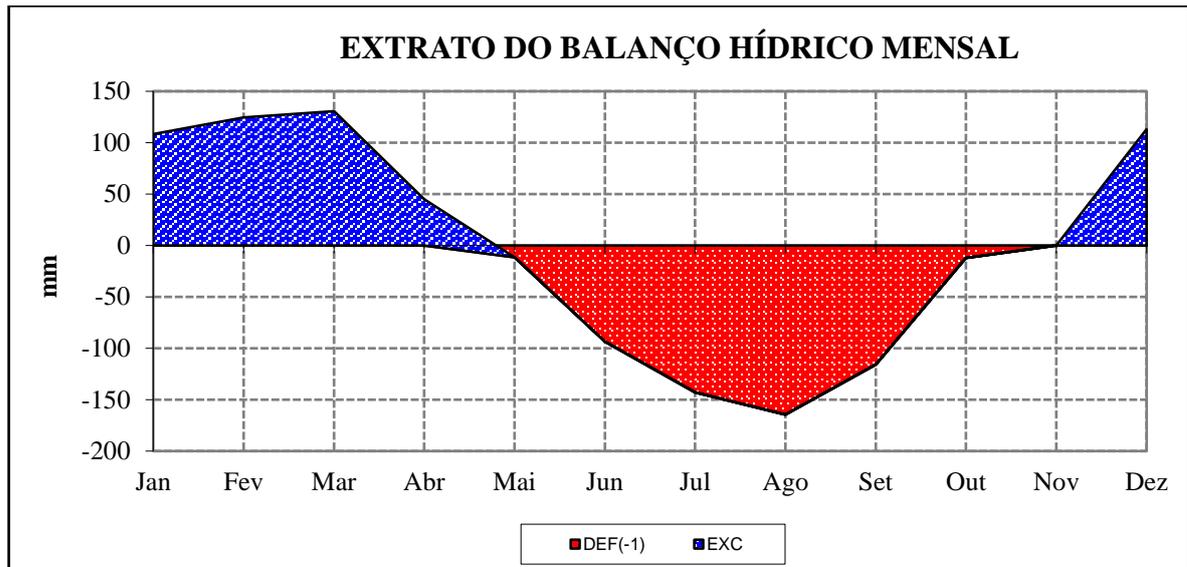
Analisando a tabela 05, verificou-se que, entre os meses de outubro e maio a evapotranspiração potencial e real coincidem ou se aproximam, indicando que a evaporação máxima para o período, nas condições climatológicas observadas, foi atingida, caracterizada pela grande quantidade de água disponibilizada no solo pelos elevados volumes de chuvas, porém, entre junho e setembro a evapotranspiração real é inferior a potencial. Pode-se relacionar a diferença à alta temperatura e a baixa disponibilidade de água durante o período, que faz com que o solo fique com pouca água disponível.

Diante dos resultados de temperatura e precipitação, foram obtidos os valores exatos de evapotranspiração potencial, de evapotranspiração real, de excedente hídrico e de déficit hídrico, afim de obter valores para a realização do cálculo para o balanço hídrico, que necessita de informações de precipitação e evapotranspiração potencial de um local. Para Carvalho et al

(2011) a função do balanço hídrico climatológico é quantificar as entradas e saídas de água do solo e com isso, o nível de armazenamento atual da água contida no mesmo”.

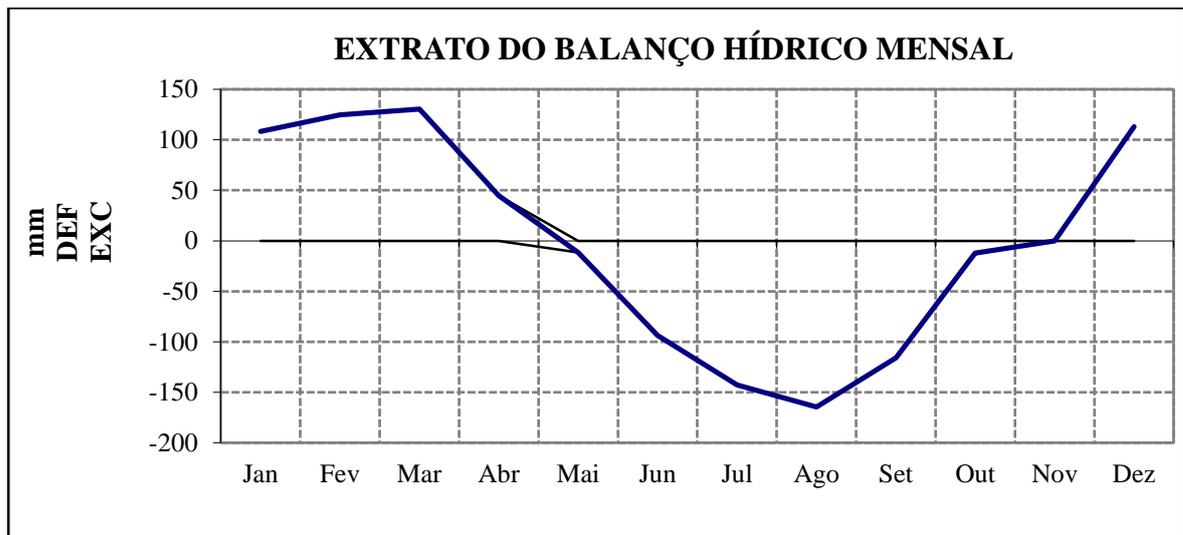
Os gráficos 5 e 6 mostram o extrato anual do regime de déficit e excedente hídrico no município de Conceição do Araguaia.

Gráfico 5 - Extrato do balanço hídrico.



Fonte: Autoria própria, 2016.

Gráfico 6 - Extrato do balanço hídrico.



Fonte: Autoria própria, 2016.

A partir dos resultados das figuras acima, verifica-se que entre os meses de novembro e abril ocorre o período de reposição da água no solo, pois é o período de boa regularidade das chuvas, o que resultou em um excedente hídrico maior que a média, atingindo um CAD de

130,6mm. A partir do mês de abril, com o início da estiagem, o déficit hídrico começou a aumentar, alcançando seus valores máximos em julho e agosto, que foram respectivamente 142,8 e 164,5mm.

“O excedente hídrico é um elemento extremamente variável nas diferentes localidades, devido ser uma função da intensidade e duração das chuvas, das características físicas e do teor de água do solo e da declividade do terreno” (MANFRON,1992). Já o déficit hídrico não pode ser relacionado somente quantidade de chuvas, mas também a demanda das plantas por água. Fabres (2009) afirma que à medida que o solo seca, torna-se cada vez mais difícil a perda de água pela evaporação ou transpiração. Com o solo seco, as plantas tendem a reservar a quantidade de água necessária para sua sobrevivência.

O balanço hídrico mostra claramente em seus resultados que o município de Conceição do Araguaia tem duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. Ressalta-se que o balanço hídrico pode ser realizado sequencialmente, contribuindo para fins agrometeorológicos, com grande importância para definições de períodos para plantio, mecanização, colheita, aplicações, irrigação, dentre outros (SANTOS et al., 2013). Pois, segundo Meireles et al. (2003, apud SILVA; ALBUQUERQUE; KLAR, 2014), “a falta de dados meteorológicos em determinadas regiões pode fazer com que o produtor agrícola demande uma quantidade de água maior para a cultura do que o necessário, levando a gastos extras e onerando ainda mais a produção, colocando a viabilidade econômica em risco”.

## 4.2 Classificação Climática

Para a realização da classificação climática baseada no método de Thornthwaite (1948), aperfeiçoada por Mather (1945) foram analisados dados de Índice Hídrico (Ih), Índice de Aridez (Ia) e Índice de Umidade (Iu). Thornthwaite trabalha com quatro chaves, sendo um prefixo e 3 sufixos, que representam respectivamente o Índice de Umidade (Iu), a Eficiência Térmica (ET) e sua concentração no verão, que juntos formam 2 prefixos, e por último a adequação sazonal, cujos resultados para climas secos e úmidos se diferem.

Através dos resultados obtidos pela planilha “BHnorm”, foram realizados cálculos para a obtenção dos resultados de Ih, Ia e Iu.

O primeiro cálculo a ser realizado foi o de índice hídrico (Ih), sendo:

$$Ih = \frac{EXC_T}{ETP_T} \times 100$$

$$Ih = \frac{521,2}{1778,36} \times 100$$

$$I_h = 29,3$$

O segundo cálculo foi para a obtenção do resultado do Índice de Aridez ( $I_a$ ), sendo:

$$I_a = \frac{DEF}{ETP} \times 100$$

$$I_a = \frac{540,2}{1778,36} \times 100$$

$$I_a = 30,3$$

O terceiro cálculo foi realizado o cálculo para a obtenção do Índice de Umidade ( $I_u$ ), sendo:

$$I_u = I_h - 0,6 \times I_a$$

$$I_u = 29,3 - 0,6 \times 30,3$$

$$I_u = 10,5$$

A partir do resultado de Índice de Umidade, pode-se definir o primeiro prefixo, sendo  $C_2$  (subúmido chuvoso), ou seja, entre 0 e 20. A adequação sazonal, foi definida da seguinte forma: para resultados com prefixo entre  $A, B$  e  $C_2$  (climas úmidos), utiliza-se o resultado de  $I_a$  e para resultados com prefixo entre  $D, C$  e  $E$  (climas secos), utiliza-se o resultado do  $I_h$ . Como o prefixo definido foi  $C_2$ , utilizou-se a tabela para climas úmidos determinando o primeiro sufixo. O resultado do  $I_a$  foi 30,3, ou seja, maior que 20, logo, o sufixo que o define é  $w_2$  (grande déficit de inverno).

Por fim, quanto ao fator térmico, determinado por meio da evapotranspiração potencial anual (ETP), verificou-se que a localidade de Conceição do Araguaia é do tipo  $A'$  (megatérmico), pois obteve um valor de ETP total anual de 1778,36mm, sendo maior que 1140mm. A concentração no verão (SC) foi definida através da porcentagem (%) advinda da evapotranspiração total anual, tendo como resultado o sufixo  $a'$  (abaixo de 48%), sendo calculada pela seguinte equação:

$$SC = \frac{ET_{T11} + ET_{T12} + ET_{T01}}{ET_{OT}} \times 100$$

$$SC = \frac{139,07 + 131,16 + 121,08}{1778,36} \times 100$$

$$SC = 22$$

Assim, a fórmula de classificação climática completa para o município de Conceição do Araguaia, segundo Thornthwaite & Mather (1955), é  $C^2w^2A'a'$ , ou seja, subúmido, megatérmico com grande deficiência hídrica no inverno.

O município de Conceição do Araguaia-PA fica na região amazônica brasileira, logo, próximo a linha do equador, não possuindo as 4 estações do ano definidas, tendo apenas duas estações, a seca e a chuvosa, o inverno no município de conceição do Araguaia é composto por chuvas raras durante o período de junho a setembro. Esse período é denominado por estação seca. Em contrapartida, o verão é formado por chuvas fortes e bastante vento, com chuvas de vários dias sequenciais, aumentando consideravelmente o volume de água no solo. Esse período é denominado por estação chuvosa. Isso explica o fato do primeiro sufixo, que resultou em uma deficiência hídrica no inverno, pois, o método proposto por Thornthwaite e Mather foi elaborado para uma outra realidade climática, onde existem essas 4 estações do ano bem definidas.

A partir dos resultados, percebe-se que o método de classificação utilizado é extremamente sensível à chuva e ao relevo das localidades, por isso ele é o mais utilizado na agrometeorologia. Pôde-se observar que dentre os critérios de avaliação a classificação de Thornthwaite e Mather (1955) é bem menos restritiva que a de Thornthwaite (1948), pois esta preconiza as escalas e aridez e semiaridez de forma mais ampla.

## 5 CONCLUSÃO

O município de Conceição do Araguaia - PA apresentou diferentes cenários de temperatura e precipitação durante o período estudado.

- A temperatura ao longo dos 30 anos manteve-se entre 26°C e 28,5°C;
- Foi verificado um aumento na temperatura de 2°C durante o período estudado, no entanto não se pode afirmar que esteja relacionado ao aquecimento global;
- Os níveis de precipitação diminuíram, pois em 1986 a média de chuva anual foi de 146,9mm e em 2016 o valor baixou para 88,25mm, tendo um decréscimo de 58,65mm;
- Os valores de temperatura e precipitação foram determinantes para os cálculos do balanço hídrico e para realizar a classificação climática;
- O balanço hídrico definiu os períodos de excedente e déficit hídrico.
- O período de excedente hídrico ocorre entre novembro e abril, onde o CAD atingiu 130,6mm. A partir do mês de abril, ocorre o déficit hídrico, alcançando seus valores máximo em julho e agosto, que foram respectivamente 142,8 e 164,5mm
- No município de Conceição do Araguaia existem duas estações climática bem definidas, uma seca (maio a setembro) e outra chuvosa (outubro a abril);
- O sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) E Thornthwaite e Mather (1955) permitiu a definição do clima predominante no município de Conceição do Araguaia-PA;
- As análises do balanço hídrico e os cálculos realizados no local definiram o clima de Conceição do Araguaia-PA, de acordo com o método de Thornthwaite e Mather (1955), como  $C^2w^2A'a'$ , isto é, subúmido, megatérmico com grande deficiência hídrica no inverno.

## 6 REFERÊNCIAS

- ANALÓGICA INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE. **Temperatura: Histórico E Conceitos**. Campo Aplicação. 2013. Disponível em: <<http://www.analogica.com.br/arquivos/art-002-teperatura-historico-e-conceitos.pdf>> Acesso em: 15 dez. 2016.
- AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia dos Trópicos**. 7<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- CARVALHO, H. P; NETO, D. N; TEODORO, R. E. F; MELO, B. **Balço Hídrico Climatológico, Armazenamento Efetivo Da Água No Solo E Transpiração Na Cultura De Café**. Bioscience Journal, V. 27, N. 2, P. 221-229. Uberlândia-MG, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8070>> Acesso em: 06 ago. 2017.
- CRUZ, F. N; BORBA, G. L; ABREU, L. R. D. **Clima e Tempo**. Ciências da natureza e realidade: interdisciplinar. EDUFRN Editora da UFRN. Natal – RN, 2010. Disponível em: <[http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia\\_PAR\\_UAB/Fasciculos%20-%20Material/Ciencia\\_Natureza\\_Realidade/CI\\_NAT\\_A08\\_GR\\_RAARL\\_090810.pdf](http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia_PAR_UAB/Fasciculos%20-%20Material/Ciencia_Natureza_Realidade/CI_NAT_A08_GR_RAARL_090810.pdf)> Acesso em: 15 dez. 2016.
- DOMINGOS, I. J; SIMÕES, J. M. A; MENDONÇA, A. J. D. F; SANTOS, A. F. S. **Conceito e Medida de Temperatura**. 1979. Disponível em: <<http://www.spq.pt/magazines/BSPQ/528/article/300084/pdf>> Acesso em: 15 dez. 2016.
- ESPÍNDULA, T. **A Atmosfera e Sua Dinâmica: O Tempo e o Clima**. Geolinguagem. 2010. Disponível em: <<https://geolinguagem.files.wordpress.com/2010/09/a-atmosfera-e-sua-dinamica.pdf>> Acesso em: 23 nov. 2016.
- FAIRCHILD, THOMAS R. **A terra: passado, presente e futuro**. In: Teixeira, W.; Toledo, M. C. M; Fairchild, T. R.; Taioli, F. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.
- FABRES, T. M. **Classificação Climática Segundo KöppeneThorntwaite e Caracterização Edafoclimática Referente à Região de Santa Maria, RS**. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp110125.pdf>> Acesso em: 08 jun. 2017.
- FREIRE, C. C; OMENA, S. P. F. **Princípios de Hidrologia Ambiental**. Curso de Aperfeiçoamento em Gestão de Recursos Hídricos. 2005. Disponível em: <[http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais\\_Anexos/Attachments/23/03.PHidrologiaAmb-GRH-220909.pdf](http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais_Anexos/Attachments/23/03.PHidrologiaAmb-GRH-220909.pdf)> Acesso em: 03 jan. 2017.
- FEITOSA, S. M. R; GOMES, J. M. A; NETO, J. M. M; ANDRADE, C. S. P. **Consequências da Urbanização na Vegetação e na Temperatura da Superfície de Teresina – Piauí**. Teresina – PI, 2011. Disponível em:

<[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo170-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo170-publicacao.pdf)> Acesso em: 21 fev. 2017.

GALBIATTI, D. A. **Calor e Temperatura: Uma Revisão dos Conceitos nas Diferentes Abordagens Físicas**. Uni. Est. Paulista – UNESP. Rio Claro-SP, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119179/galbiatti\\_da\\_tcc\\_rcla.pdf?sequence=1](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119179/galbiatti_da_tcc_rcla.pdf?sequence=1)> Acesso em: 18 dez. 2016.

GARCEZ, L. N; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2º ed. rev. e atual. Editora Edgard Blucher. São Paulo-SP, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Conceição do Araguaia-PA**. 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=ecodmun=150270&search=||infor%EF1ficos:-informa%E7%F5es-completas>> Acesso em: 03 ago. 2017.

INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/agro.html>> acesso em: 04 set. 2016.

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.

KRABBE, A; SELHORST, C. **Apostila De Termodinâmica**. Univ. do Vale do Paraíba - Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, 2013. Disponível em: <[http://www1.univap.br/~caius/graduacao\\_files/apostila.pdf](http://www1.univap.br/~caius/graduacao_files/apostila.pdf)> Acesso em: 18 dez. 2016.

KUINCHTNER, A; BURIOL, G. A. **Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite**. *Disciplinarum Scientia*. Série: Ciências Exatas, S. Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001. Disponível em: <<http://www.periodicos.unifra.br/index.php/disciplinarumNT/article/download/1136/1077>> Acesso em: 03 ago. 2017.

LIMA, L. S; OLIVEIRA, L. J. C; FILHO, B. S. S; RODRIGUES, H. O. **Balanço Hídrico Climatológico Especializado Para O Brasil**. CSR/UFMG. Minas Gerais. 2012. Disponível em: <<http://www.sbmec.org.br/cbmet2012/pdfs/646D.pdf>> Acesso em: 21 fev. 2017.

MANFRON, P.A. **Evapotranspiração e Balanço Hídrico**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. 97p.

MENDES, R. S. **Determinação da Evapotranspiração Por Métodos Diretos e Indiretos e dos Coeficientes de Cultura Da Soja Para o Distrito Federal**. Universidade de Brasília - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Brasília – DF, 2006. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5086/1/2006\\_Ricardo%20de%20Souza%20Mendes.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5086/1/2006_Ricardo%20de%20Souza%20Mendes.pdf)> Acesso em: 06 jan. 2017.

MENDONÇA, F; OLIVEIRA, I. M. D. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: oficina de textos, 2007.

PASSOS, M. L. V; ZAMBRZYCKI, G. C; PEREIRA, R. S. **Balanço Hídrico e Classificação Climática para uma Determinada Região de Chapadina-MA**. Revista

Brasileira De Agricultura Irrigada V.10, Nº.4, P. 758 - 766, INOVAGRI. Fortaleza-CE, 2016. Disponível em: <[http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/402/pdf\\_285](http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/402/pdf_285)> Acesso em: 03 ago. 2017.

PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. 3º ed. rev. ampl. Uni. de São Paulo. Piracicaba - SP, 2000. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/130106897/LCE306-Apostila-de-Agrometeorologia>> Acesso em: 22 fev. 2017.

REICHARDT, K. A **Água em Sistemas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188p

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985.

ROLIM, G. S; CAMARGO, M. B. P; LANIA, D. G; MORAES, J. F. L. **Classificação Climática De Köppen E De Thornthwaite E Sua Aplicabilidade Na Determinação De Zonas Agroclimáticas Para O Estado De São Paulo**. Bragantia, Campinas - SC, V.66, N.4, P.711-720, 2007. Disponível em: <[http://www.professormendoncaenf.com.br/ag\\_artigo\\_scc\\_zoneamento.pdf](http://www.professormendoncaenf.com.br/ag_artigo_scc_zoneamento.pdf)> Acesso em: 08 jun. 2017.

ROMANO, L. L; CUESTA, J. S; BARROS, T. C; MOTA, M. A. S. **Classificação Climática de Manaus - AM Conforme Köppen e Thornthwaite**. Universidade Federal do Pará - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais Climatologia Geral, 2015. Disponível em: <[https://www.academia.edu/25990679/CLASSIFICA%C3%87%C3%83O\\_CLIM%C3%81TICA\\_DE\\_MANAUS\\_-AM\\_CONFORME\\_K%C3%96PPEN\\_E\\_THORNTHTWAITE](https://www.academia.edu/25990679/CLASSIFICA%C3%87%C3%83O_CLIM%C3%81TICA_DE_MANAUS_-AM_CONFORME_K%C3%96PPEN_E_THORNTHTWAITE)> Acesso em: 04 ago. 2017.

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

ROSSATO, L. **Estimativa da Capacidade de Armazenamento de Água no Solo do Brasil**. Ministério de Ciência e Tecnologia – Inst. Nac.Pesq.Espaciais. São José dos Campos - SP, 2002. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2003/08.21.10.48/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 22 fev. 2017.

SANTOS, R.B.; SOUZA, A.P.; SILVA, A.C.; ALMEIDA, F.T.; ARANTES, K.R.; SIQUEIRA, J.L. **Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop – MT**. Global Science and Technology, Rio Verde, v.6, n.1, p.72-88, 2013.

SILVEIRA, C. S; SOUZA FILHO, F. A; LOPES, J E. G; BARBOSA, P. S. F; TIEZZI, R. O. **Análise das projeções de vazões nas bacias do setor elétrico brasileiro usando dados do IPCC-AR4 para o século XXI**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.4, 2014, 59-71. Disponível em: <[https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/173/88b0be21158bb4d7aaf60514f4281807\\_6bee6ac33b4435ce5f5a70f974e75172.pdf](https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/173/88b0be21158bb4d7aaf60514f4281807_6bee6ac33b4435ce5f5a70f974e75172.pdf)> Acesso em: 09 jun. 2017.

SILVA, A. O; ALBUQUERQUE MOURA, G. B. A; KLAR, A. E. **Classificação Climática de Thornthwaite e sua Aplicabilidade Agroclimatológica nos Diferentes Regimes de Precipitação em Pernambuco.** Irriga, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 46-60, 2014. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjGxeqY6sfVAhUB12MKHYwhAq0QFggmMAA&url=http%3A%2F%2Firriga.fca.unesp.br%2Findex.php%2Firriga%2Farticle%2Fdownload%2F415%2F906&usg=AFQjCNFxCkWgeLxqH0KPaPZMn1XYX8yUmQ>> Acesso em: 05 ago. 2017.

SILVA, C. F. **Estimativa da Evapotranspiração na Bacia da Lagoa da Conceição.** Uni. Fed. de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis - SC, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/124964/TCC%20Cristyan%20F.%20da%20Silva%20-%20Estimativa%20da%20evapotranpira%C3%A7%C3%A3o%20na%20bacia%20da%20Lagoa%20da%20Concei%C3%A7%C3%A3o.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 20 jan. 2017.

SILVA, L.D.B. **Evapotranspiração do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq) e grama-bataiais (*Paspalum notatum* Flugge) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem.** 2003. 93 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-22052003-141207/pt-br.php>> Acesso em: 05 ago. 2017.

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. 01, n. 01, p.34-43. Pesquisas Agrárias e Ambientais. 2013. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1334/pdf>> Acesso em: 07 ago. 2017.

TREWARTHA, G.T. **An Introduction to Climate.** New York: McGraw-Hill, 1954. 402p

THORNTHWAITE, C. W. **An Approach Towards a Rational Classification of Climate.** Geographycal Review London, Nova Jersey, n.38, pág.55-94. 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. **The Water Balance Climatology.** Centerion, v.8, n°. 1, p.1-86.1955.