

## **IV-030 - BALANÇO HÍDRICO NA BACIA DO IGARAPÉ URIBOQUINHA NA REGIÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE MARITUBA-PA**

**Moisés Marçal Gonçalves**<sup>(1)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

**Giovanni Chaves Penner**<sup>(2)</sup>

Engenheiro sanitaria pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará.

**Rubens Takeji Aoki Araújo Martins**<sup>(3)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

**Gabriel Lisboa Brito**<sup>(4)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, cep: 66075-110, Belém - PA, Brasil - Tel: (91) 3201-8139 - E-mail: moisesg9410@gmail.com;

### **RESUMO**

O projeto consistiu na elaboração do balanço hídrico climatológico para bacia hidrográfica do Igarapé Uriboquinha nas proximidades do aterro sanitário situado no município de Marituba no estado do Pará. Para a realização do balanço hídrico considerou-se duas variáveis de saída de água na bacia hidrográfica, sendo elas a vazão e evapotranspiração mensal, e também uma variável de entrada sendo está a precipitação mensal. A vazão foi aferida em campo, a partir do método do traçador salino. Estimou-se a evapotranspiração a partir da metodologia de Thornthwaite & Mather considerando os dados de temperatura média mensal. Acompanhou-se os dados pluviométricos da estação meteorológica mais próxima ao empreendimento. Apoiado no balanço hídrico determinado constatou-se que a região se encontra na maior parte do tempo com excedência hídrica, principalmente em função dos elevados índices pluviométricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço Hídrico Climatológico, Thornthwaite & Mather, Igarapé Uriboquinha, Marituba-PA.

### **INTRODUÇÃO**

A presente pesquisa visou a realização do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) mensal na bacia do Igarapé Uriboquinha, entre os meses de agosto de 2017 e julho de 2018. Para a determinação do balanço hídrico foram considerados duas variáveis de saída de água no sistema (evapotranspiração real e vazão) e outra de entrada (precipitação mensal). O intuito deste projeto é a geração de dados para a região e a discussão no entorno do aterro sanitário implantado no município de Marituba-PA uma vez que o Igarapé Uriboquinha passa por dentro do empreendimento, e desta forma contribuir para o desenvolvimento de estratégias para a mitigação dos impactos potenciais ou danos gerados pelo empreendimento na região.

De acordo com VAREJÃO-SILVA (2006), o balanço hídrico consiste na somatória de todas as variáveis de entrada e saída em uma unidade de gestão de recursos hídricos como é a bacia hidrográfica. O balanço hídrico consiste em efetuar a contabilidade hídrica no solo, até a profundidade explorada pelas raízes, computando-se, sistematicamente, todos os fluxos hídricos positivos e negativos.

Segundo Jesus et al (2017), com a crescente demanda acerca recursos hídricos, é imprescindível o conhecimento do ciclo da água dentro de uma bacia hidrográfica, compreendendo-se sobretudo o desempenho das variáveis precipitação e evapotranspiração. Consoante Camargo (1971), contraponto esses dois elementos do balanço hídrico, consegue-se averiguar se certa região apresenta excesso ou deficiência hídrica dentro determinado período de tempo estimado a ser avaliado. Conforme Pereira et al. (2002), a partir do balanço hídrico climatológico (BHC) pode-se quantificar a disponibilidade hídrica de uma região, esta disponibilidade pode ser influenciada pelo tipo de cobertura vegetal da mesma.

De acordo com Neto M. S. A. (1989), balanço hídrico é definido como a contabilidade hídrica de entrada e saída de água no solo, a entrada de água é traduzida pela precipitação e a saída pela evapotranspiração potencial. Muitas bacias não possuem informações suficientes para a realização da elaboração de um balanço hídrico, a falta dessas informações dificulta a gestão de recursos hídricos

Portanto, o balanço hídrico consiste no somatório de todas as variáveis de entradas e saídas de água em uma bacia hidrográfica. Para a variável de entrada, precipitação mensal, acompanhou-se os dados pluviométricos da estação meteorológica mais próxima ao empreendimento. Para as variáveis de saída, a vazão foi medida em campo através do método do traçador salino e a evapotranspiração real foi estimada pelo método de Thornthwaite e Mather. Com a determinação do balanço hídrico pode-se verificar o comportamento do regime hidrológico na região durante período estudado.

A presente pesquisa possui como principal finalidade a determinação do balanço hídrico mensal no período estimado e a partir das concepções geradas discutir sobre a temática que envolve o contexto do Aterro Sanitário de Marituba-PA.

## OBJETIVOS

O principal objetivo do presente projeto de pesquisa é a elaboração do balanço hídrico mensal na bacia do Igarapé Uriboquinha, como objetivos específicos apresentam-se:

- a) Fazer o traçado da bacia hidrográfica do Igarapé Uriboquinha;
- b) Monitoramento mensal de vazão no Igarapé Uriboquinha;
- c) Acompanhar os dados de precipitação e temperatura média mensal;
- d) Estimar a evapotranspiração real na bacia.

## METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada na pesquisa foi realizada em etapas conforme cada variável presente no projeto. Para a elaboração do balanço hídrico consistiu a somatória de todas as entradas e saídas de água no sistema.

### ➤ LEVANTAMENTO DE DADOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO.

Devido a inexistência estações meteorológicas no município de Marituba-PA os dados de temperatura média mensal e precipitação total mensal foram extrapolados da estação mais próxima. Os dados foram acompanhados da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Belém-PA de coordenadas geográficas de latitude de **-1,43°** e longitude **-48,43°** e de código 82191.

### ➤ METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO.

Acompanhou-se a vazão mensalmente efetuando-se a medição em campo. As medições de vazão ocorreram uma vez por mês devido à dificuldade de deslocamento, portanto, assumiu-se que está é a vazão mensal. Para a determinação de vazão utilizou-se o traçador salino, este método consiste na aferição da condutividade elétrica no meio, onde primeiramente prepara-se a solução salina em um reservatório de volume conhecido. A solução salina é lançada em um ponto a montante e os registros de condutividade elétrica são coletados a jusante do trecho considerado. Observadas as leituras determinou-se as vazões com auxílio do software de planilhas eletrônicas (Excel 2016), a condutividade elétrica é medida em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microsiemens por centímetro).

O cálculo para a determinação de vazão foi realizado a partir da **Equação 1**. Para a determinação da vazão pelo método de traçadores temos as seguintes variáveis:

- $C_{\text{balde}}$ , que é a concentração da solução salina em  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- $C_{\text{rio}}$ , é a concentração salina no corpo hídrico em  $\text{mg}/\text{L}$ ;

- $V_{\text{balde}}$ , é o volume do reservatório conhecido em litros;
- $C_t$ , é a concentração medida observada na leitura em mg/L e;
- $dt$ , é o intervalo de leitura em segundos.

$$Q = \frac{(C_{\text{balde}} - C_{\text{rio}}) \cdot V_{\text{balde}}}{\int_0^{\infty} (C_t - C_{\text{rio}}) \cdot dt} \quad (\text{Equação 1})$$

A vazão é calculada em L/s (litros por segundo), no entanto, o trabalho desenvolveu-se tratando-se como vazão mensal.

#### ➤ **ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E ELABORAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTWHAITE E MATHER (1957).**

Utilizou-se para estimativa de evapotranspiração a metodologia desenvolvida por Thornthwaite & Mather (1957). Em 1948, C.W. Thornthwaite desenvolveu um método empírico para a estimativa de evapotranspiração potencial (Sellers, 1965), a partir de dados de temperatura média do ar e do fotoperíodo, consistido em investigações realizadas em áreas secas nos Estados Unidos.

Em 1957, C. W. Thornthwaite e J. C. Mather publicaram uma versão mais avançada do balanço hídrico climático na qual a primeira e a última das hipóteses anteriormente assinaladas foram aperfeiçoados. Nessa nova versão, a capacidade de armazenamento do solo torna-se variável e estabelecida em função de suas propriedades (capacidade de campo e ponto de murcha permanente) na camada explorada pelas raízes das plantas nele presentes (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Pode-se adotar a capacidade de armazenamento no solo (**CA**), independentemente do tipo de solo, com base apenas na cultura predominante na região, para isto assumisse que **CA** entre 25 e 50 mm para hortaliças, entre 75 e 100 mm para culturas anuais, entre 100 e 125 mm para culturas perenes e entre 150 e 300 mm para espécies florestais (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). Para o presente projeto considerou-se a capacidade de armazenamento de 150 mm.

A estimativa de evapotranspiração deve obedecer aos critérios estabelecidos por Thornthwaite e Mather. Deve-se primeiramente preencher as colunas **T** (°C) é a temperatura média mensal do ar referente ao mês J (J=1, 2, 3... 12) e **i** é índice mensal de calor, **E** é a evapotranspiração não ajustada, **C** é o fator de correção, **EP<sub>0</sub>** é a evapotranspiração de referência estimada, **P** é o total pluviométrico referente ao mês designado (Mês J=1, 2, 3... 12), **P – EP<sub>0</sub>** é a diferença entre a precipitação mensal e a evapotranspiração de referência.

As colunas **NEG ACM** e **ARM** devem ser preenchidas simultaneamente. O **NEG ACM** (Negativo acumulado) configura a soma de todas as parcelas mensais de água para a evapotranspiração que foram solicitadas ao solo. A variável **ARM** (Armazenamento de água) configura a quantidade de água ainda presente no solo. Para o início do preenchimento dessas variáveis deve-se identificar o último mês do período maior pluviosidade.

As demais variáveis representam: **ALT** é a alteração da quantidade de água existente no solo para cada mês, **ER** é a evapotranspiração real estimada, **EXC** e **DEF** representam o excedente e a deficiência hídrica, respectivamente.

#### ➤ **ELABORAÇÃO DE BALANÇO HÍDRICO**

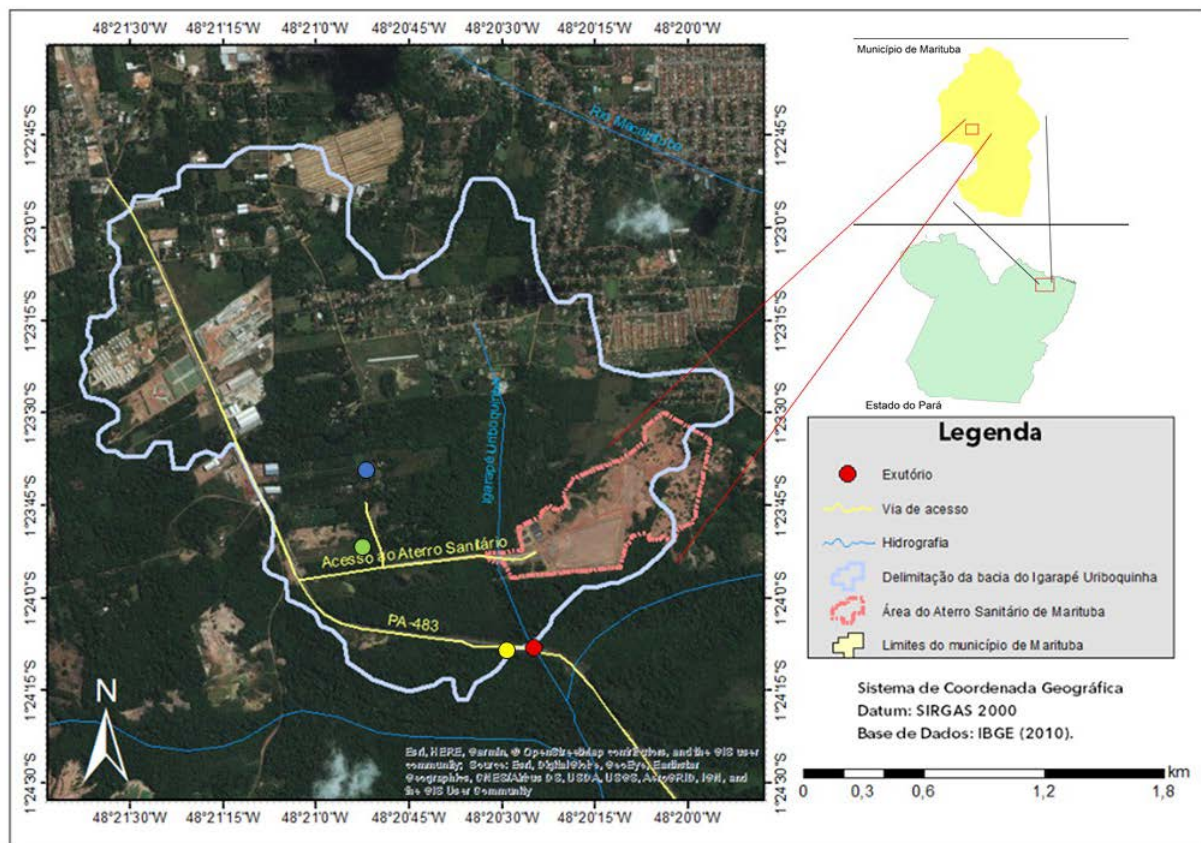
A elaboração do balanço hídrico foi realizada fazendo a somatória de todas as entradas e saídas de água na bacia hidrográfica do Igarapé Uriboquinha. A variável de entrada compreende-se como a precipitação na bacia do Igarapé Uriboquinha, as variáveis de saídas compreendem a evapotranspiração na bacia e a vazão do curso d'água. A **Equação 2** apresenta como será determinado o balanço hídrico.

$$\sum Ent. + Saídas = Vol_{Precip} - Vol_{ETR} - Vol_{Vazão} \quad (Equação 2)$$

- $\sum Ent. + Saídas$ , representa a somatória de entrada e saída de água na bacia hidrográfica;
- $Vol_{Precip}$ , representa o volume mensal de chuva precipitado;
- $Vol_{ETR}$ , representa o volume mensal de evapotranspiração;
- $Vol_{Vazão}$ , representa o volume mensal drenado na bacia pelo curso d'água.

## RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

A bacia hidrográfica do Igarapé Uriboquinha é uma bacia de pequeno porte, pouco urbanizada, com área de drenagem de 5 Km<sup>2</sup> e mantendo considerável parte da vegetação natural. O Aterro Sanitário de Marituba-PA está inserido grande parte de sua extensão dentro da bacia do Uriboquinha, tendo o curso d'água passando por dentro do empreendimento. A **Figura 1** apresenta a o limite da bacia do Igarapé Uriboquinha.



**Figura 1: Área de drenagem Igarapé Uriboquinha**

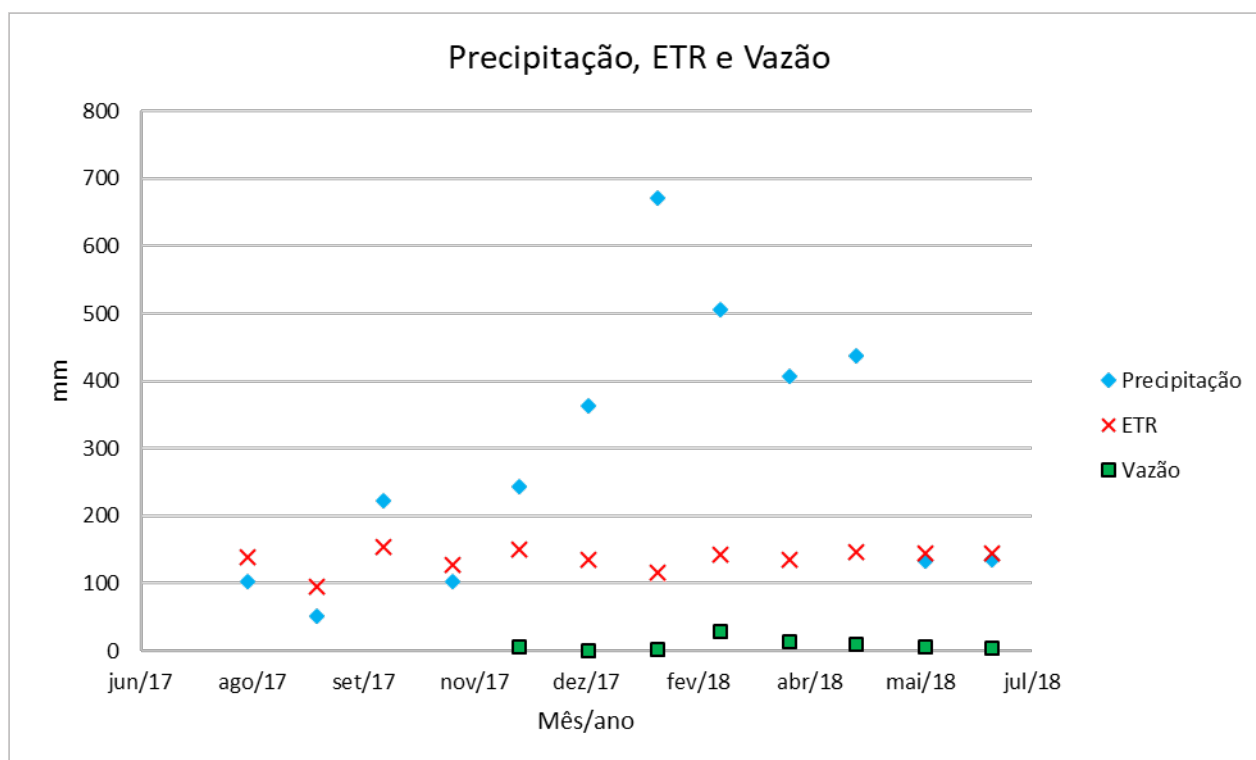
### ➤ DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO NA BACIA DO URIBOQUINHA/PAU GRANDE

A efetuação do balanço hídrico foi realizada da seguinte forma: acompanhou-se os dados de entrada na bacia, lê-se dados pluviométricos, na estação pluviométrica mais próxima ao município de Marituba-PA, em seguida estimou-se a evapotranspiração na bacia do Igarapé Uriboquinha pela metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1957), a vazão foi medida em campo pelo método do traçador salino ambas variáveis de saída de água na bacia, como explicado acima. A **Tabela 1** apresenta o balanço hídrico desenvolvido a partir da somatória de todas as parcelas de entradas e saídas de água no sistema.

**Tabela 1: Balanço hídrico na bacia do Uriboquinha**

Período Mês/ano	Precipitação (mm)	ETR (mm)	Vazão média mensal		Vol. Precipitado (m³)	Vol. ETR (m³)	Vol. Vazão (m³)	Σ Entradas + Saídas de água (m³)
			(L/s)	(m³/s)				
AGO/17	102,6	139,0	-	-	5,13E+05	8,17E+05	0,00E+00	-3,04E+05
SET/17	51,9	95,2	-	-	2,60E+05	4,46E+05	0,00E+00	-1,86E+05
OUT/17	222,5	154,7	-	-	1,11E+06	7,73E+05	0,00E+00	3,39E+05
NOV/17	103,3	127,0	-	-	5,17E+05	6,48E+05	0,00E+00	-1,32E+05
DEZ/17	243,4	149,5	10,12	0,01	1,29E+06	7,29E+05	2,68E+04	5,32E+05
JAN/18	362,8	134,4	-	-	1,77E+06	6,68E+05	0,00E+00	1,10E+06
FEV/18	671,6	115,8	3,01	0,003	3,36E+06	6,07E+05	7,26E+03	2,74E+06
MAR/18	506,7	142,5	52,68	0,053	2,53E+06	7,13E+05	1,42E+05	1,68E+06
ABR/18	406,3	135,4	24,4	0,024	2,03E+06	6,77E+05	6,22E+04	1,29E+06
MAI/18	438,2	146,4	19,01	0,019	2,19E+06	7,32E+05	5,09E+04	1,41E+06
JUN/18	132,8	144,4	11,93	0,012	6,64E+05	7,22E+05	3,11E+04	-8,94E+04
JUL/18	135,5	145,3	6,11	0,0061	6,78E+05	7,27E+05	1,64E+04	-6,55E+04

Pode-se observar na **Tabela 1** que a somatória de entradas e saídas de água na bacia na maior parte do tempo é positiva, isto representa que a localidade apresenta abundância hídrica. Também é possível verificar que o volume de precipitação é elevado, e na maior parte do tempo foi muito superior ao volume de evapotranspiração. A vazão representa um volume muito pequeno em relação ao volume de água que circula na bacia, também é possível realizar essas observações na **Figura 2** que apresenta os comportamentos pluviométrico, evapotranspiratório e da vazão ao longo do tempo.



**Figura 2: Comportamento de Precipitação, Evapotranspiração e Vazão.**



Na **Figura 2** fica evidente a superioridade dos índices pluviométricos em relação as demais variáveis, o período de maior pluviosidade ocorre durante o chamado inverno amazônico. No mês de fevereiro houve o maior volume de chuva precipitado alcançando a quase 700 mm de chuva, o período chuvoso na região foi dos mais rigorosos nos últimos anos. Retomando a discussão no entorno do aterro sanitário, esse excesso no volume de chuva representa maior volume de chorume produzido para ser tratado, outro ponto negativo desse excesso de chuva é a quantidade de sedimentos transportados junto ao empreendimento que pode acarretar em assoreamento em alguns pontos do curso d'água. Na **Figura 3** pode-se observar uma maior taxa de excedente hídrico devido a abundância de chuvas.



**Figura 3: Excedência e Deficiência hídrica**

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

As vazões no igarapé Uriboquinha são muito pequenas e representam um percentual mínimo das saídas de água na bacia em relação a evapotranspiração. O volume precipitado na bacia possui valores bastante elevado devido as chuvas abundantes no período chuvoso.

A **Figura 3** apresenta as variáveis em termos de lâmina d'água em milímetros, nota-se que mesmo com a vazão não sendo medida em alguns meses ela varia muito pouco e retrata uma porcentagem ínfima em relação as demais variáveis. A precipitação corresponde as maiores contribuições dentro da bacia e é o índice que possui maior variância, a evapotranspiração também sofre poucas oscilações.

A alta pluviosidade na região caracteriza uma variável importante quando se fala em excedente hídrico, como a vazão e a evapotranspiração sofrem poucas inconstâncias em relação a ordem de grandeza, a principal variável para se determinar a excedência e/ou deficiência hídrica torna-se a precipitação total ao mês de referência. Nos meses de maiores excedentes hídricos e assim também os de maiores precipitações pode ter havido uma grande produção de chorume no empreendimento em Marituba-PA, outra problemática decorrente do aterro é o carreamento de sólidos provindos do mesmo por deflúvio até o curso d'água.

A carga poluidora vinculada as atividades do Aterro Sanitário de Marituba-PA podem alterar a qualidade da água no Uriboquinha, sobretudo nos meses de déficit hídrico, haja vista que o corpo d'água possui menores

vazões desta forma possui menor capacidade de autodepuração, seja por perdas de percentuais de chorume dentro da bacia ou por sólidos carregados que podem inclusive gerar assoreamento em seções do Igarapé.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A pesquisa foi desenvolvida ao longo do período estimado e foram alcançados dados satisfatórios. A medição de vazão foi desenvolvida usando um método de baixos custo de execução e adequado para o local e foram geradas informações representativas de vazão.

As informações geradas pelos dois métodos de balanço hídricos foram bem significativas, como as vazões calculadas para o local foram muito pequenas então a parcela de água que sai da bacia referente vazão é pouco significativa em relação as outras duas variáveis mesmo sendo uma bacia de pequeno porte.

Devido a elevadíssima pluviosidade no período chuvoso constatou-se que predominou o excedente hídrico na bacia. O projeto foi concluído de forma satisfatória e tenderá a ser continuado ampliando a discussão em torno da temática relacionada ao Aterro Sanitário de Marituba-PA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo (Boletim Técnico, 116). Campinas: IAC, 1971.
2. CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. **Uma revisão analítica sobre a evapotranspiração potencial**. Bragantina, 2000.
3. CORREA, W. S. C. **Comportamento dos elementos climáticos, temperatura, e precipitação, no município de Vitória (ES) no período de 1978 a 2007**. 2011. 83 f. Monografia (Bacharel em geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória, 2011.
4. EMBRAPA. Malaquias da Silva Amorim Neto. **Comunicado técnico: balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather (1955)**. N. 34, junho de 1989.
5. JESUS et al. Impacto do Aumento da Concentração Atmosférica de CO<sub>2</sub> no Balanço Hídrico Climatológico do Cerrado. **RESVISTA BRASILEIRA DE CLIMATOLOGIA**, Pernambuco, 2017.
6. MARCUZZO, F. F. N.; SILVEIRA, A. Balanço hídrico de Cuiabá utilizando métodos de estimativa de evapotranspiração por temperatura. **X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, Fortaleza, 2010.
7. MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M. **Estudo climatológico na bacia do Rio Oruçuí Preto**. Campina Grande: EDUFPG, p. 171-205, 2016.
8. MOURA et al. Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) segundo Thornthwaite modificado, calibrado na bacia do riacho gameleira – Estado de Pernambuco. **RESVISTA DE GEOGRAFIA (UFPE)**, Pernambuco, V. 29, n. 2, 2012.
9. PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002.
10. ROSSATO, L. **Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil**. 2002. 145 f. Dissertação (Mestra em meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2002.
11. SOUZA et al. Balanço hídrico climatológico: precipitação e evapotranspiração de referência estimadas com metodologia alternativa. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, v. 20, p. 284-298, 2017.
12. VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. 2. ed. Recife: Versão digital 2, 2006.