

Boletim Anual

Balanço Hídrico Bacia do Rio Jaguaribe - CE

Inter-relação entre as variáveis de
precipitação, evapotranspiração e
escoamento superficial



Julho de 2022

PPGECAM

APRESENTAÇÃO



Balanço Hídrico da Bacia do Rio Jaguaribe - CE

Inter-relação entre as variáveis de
precipitação, evapotranspiração e
escoamento superficial

Flaviano Ferreira dos Santos Neto (1)

Mikael Bernardo Vasconcelos de Araújo (2)

Raul Souza Muniz (3)

Vitória Barros de Sá Magalhães (4)

Este boletim fornece dados relativos ao balanço hídrico no período de 2012 a 2021, da bacia do rio Jaguaribe, localizada no estado do Ceará. Conhecer o déficit e excesso hídrico em uma bacia é essencial para o gerenciamento adequado dos seus recursos, tendo em vista que este tipo de levantamento permite quantificar a disponibilidade hídrica de um sistema.

Para o estudo, foi utilizado o banco de dados proveniente do Terra Climate - Monthly Climate and Climatic Water Balance for Global Terrestrial Surfaces, da Universidade de Idaho. Sequencialmente, o processamento foi realizado por meio do Google Earth Engine (GEE). A partir das informações sobre precipitação, evapotranspiração e escoamento superficial, foi possível calcular o balanço hídrico da bacia, considerando o princípio de conservação de massas, que é resultado da precipitação (volume ingressante), subtraído da evapotranspiração e escoamento superficial (volume que sai do sistema).

Este trabalho é produto dos conhecimentos obtidos na disciplina de Geoprocessamento em nuvens com o Google Earth Engine (GEE), do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental.

O script desenvolvido para este boletim pode ser acessado pelo link: https://code.earthengine.google.com/?scriptPath=users%2FSouzaMuniz%2FMestrado%3AScript_Final_GEE_Raul

(1) Me. em Eng Civil pela UFRN, doutorando em Engenharia Urbana.

(2) Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela UEPB, mestrando em Saneamento ambiental

(3) Engenheiro Civil pela UFPB, mestrando em Recursos Hídricos

(4) Engenheira Civil pela UFCG, mestranda em Recursos Hídricos

SUMÁRIO

3 ÁREA DE ESTUDO

4 PRECIPITAÇÃO

5 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

7 BALANÇO HÍDRICO

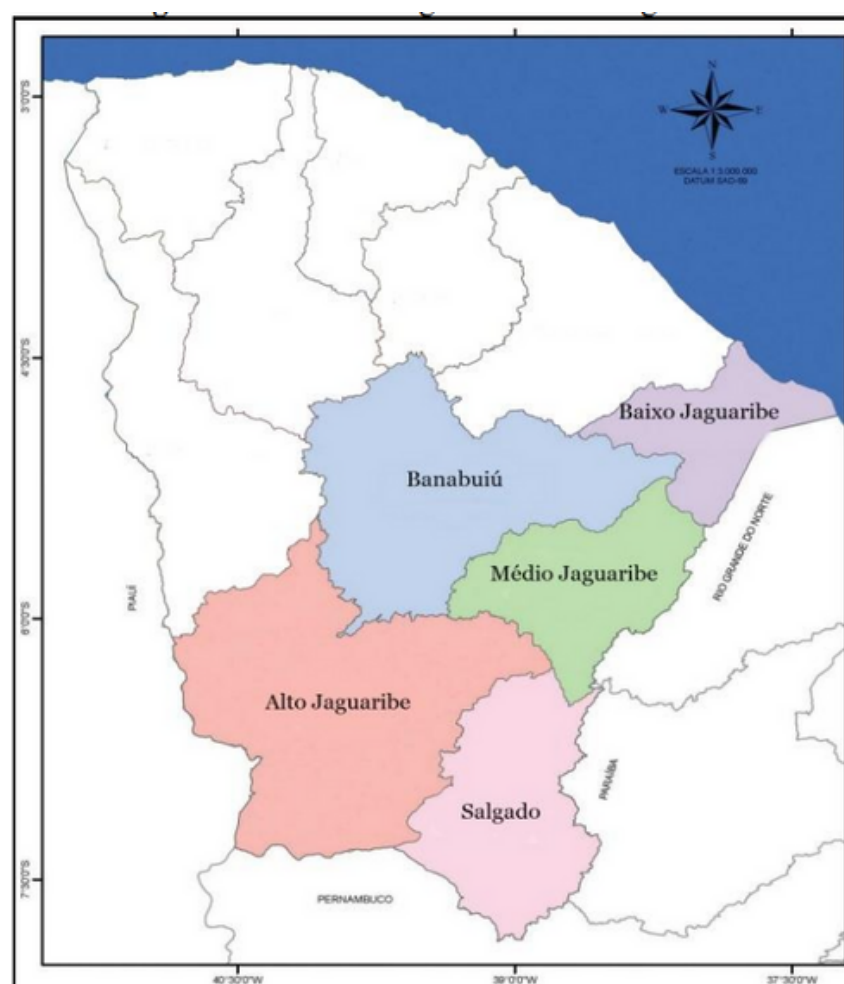
ÁREA DE ESTUDO

Localizado no estado do Ceará, no nordeste brasileiro, o rio Jaguaribe se estende por mais de 600 km ao longo do sertão nordestino. Em virtude de sua expressiva extensão e também por se localizar um clima semiárido, o rio ganhou o título de “maior rio seco do mundo”. Tal fato se deve às características intermitentes do rio que seca durante os anos mais secos do ano.

Com o intuito de aproveitar essa expressiva área de drenagem (de mais de 75 mil Km²), que ocupa mais da metade do território cearense, foram construídos dois grandes açudes ao longo do leito do rio Jaguaribe. Só esses dois reservatórios correspondem a quase metade da capacidade hídrica do estado, ressaltando, assim, a importância dessa bacia hidrográfica para a autonomia hídrica do estado.

Essa área se subdivide em cinco sub-bacias, sendo elas, Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Salgado e Banabuiú. A bacia do rio Jaguaribe possui baixa perspectiva em reservas de águas subterrâneas, pois quase a totalidade de sua área situa-se em rochas cristalinas de baixo potencial hídrico. A exceção são os aquíferos da Chapada do Araripe, que formam sistemas livres, com potencial relativamente alto (SOUSA; MELO; SILVA, 2013)

Figura 1 - Sub-bacias do rio Jaguaribe



Fonte: Costa et al., 2020.

PRECIPITAÇÃO

A precipitação é parte constituinte do ciclo hidrológico, onde, a água retorna para terra por meio do vapor d'água presente na atmosfera. Assim, a precipitação é uma variável climatológica de extrema importância, tendo em vista que representa as entradas de água no balanço hídrico, proporcionando, dessa forma, o escoamento superficial, infiltração da água no solo e, conseqüentemente, a perenização dos cursos d'água. Além disso, é importante salientar a relevância desse recuso para as diversas atividades humanas.

Segundo Collischonn (2006) a precipitação pode ser considerada a variável do ciclo hidrológico que apresenta a maior variabilidade espacial, sendo esta dependente, na maioria dos casos, dos postos pluviométricos para sua representação.

Tais postos, são definidos em locais estratégicos para que os dados de precipitação sejam contabilizados. Para isso, são necessárias medições com aparelhos específicos. Sabe-se que as chuvas podem ser medidas de forma pontual, por meio de pluviômetros (Figura 2), pluviógrafos (Figura 3) ou disdrômetros (Figura 4).

Figura 2 - Pluviômetro

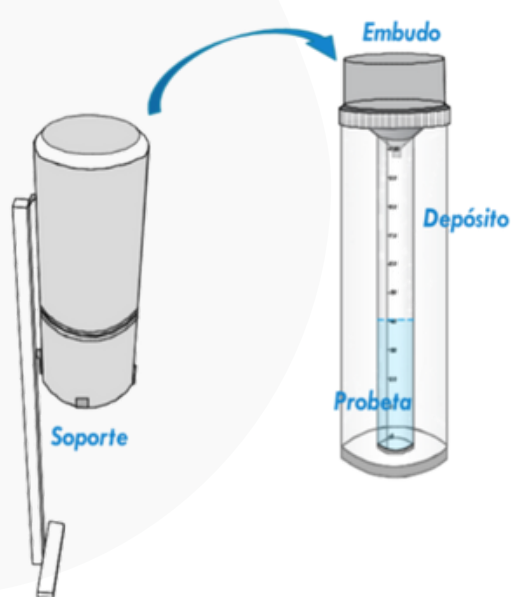


Figura 3 - Pluviógrafo

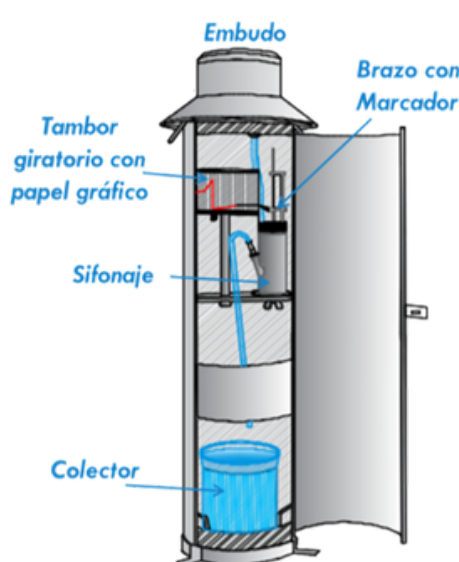
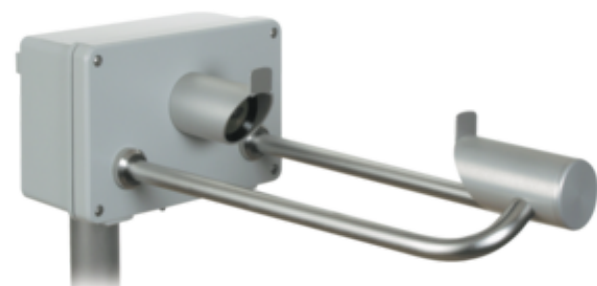


Figura 4 - Disdrômero



Fonte: INTESCO (2022)

EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A Evapotranspiração (Figura 5) consiste no movimento da água em direção à atmosfera. Esse processo ocorre por meio da perda de água de uma superfície natural (rios, plantas e o próprio solo), em qualquer condição de temperatura, umidade e cobertura vegetal. (CAMARGO & CAMARGO, 2000).

A evapotranspiração tem grande importância para o ciclo hidrológico, tendo em vista que esse fenômeno consiste na mudança do estado físico da água (de líquido para vapor). Essa movimentação consiste em um fenômeno meteorológico oposto a precipitação, ou seja, as chuvas, uma vez que boa parte da água precipitada volta para atmosfera por meio da evapotranspiração.

Esses dois elementos são expressos geralmente em milímetros pluviométricos. Essa unidade de medida auxilia no processo contábil, conhecido como balanço hídrico climático, no qual é possível visualizar os déficits e os excedentes hídricos. (THORNTHWAITTE, 1948).

Figura 5 - Esquema do processo de Evapotranspiração



Fonte: Santos (2020)

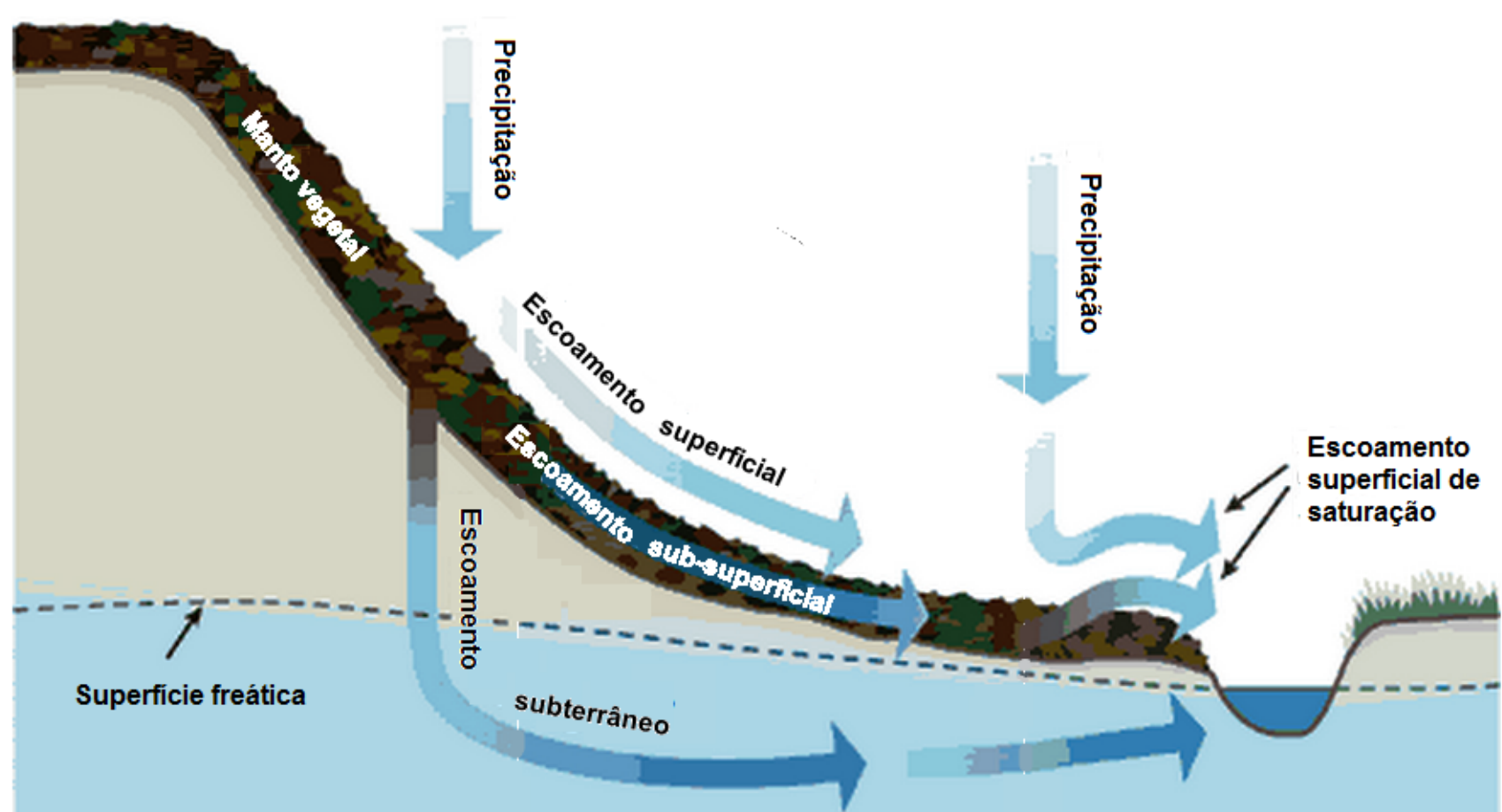
ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O escoamento superficial consiste na movimentação da água em estado líquido ao longo da superfície do solo (Figura 6). Normalmente, esse elemento hidrológico tem forte ligação com as precipitações, tendo em vista que o mesmo acontece em decorrência da continuidade das chuvas em um solo saturado.

A intensidade do escoamento superficial normalmente está relacionado a alguns fatores geológicos e climáticos da região, como a área da bacia hidrográfica, a quantidade de precipitações, a cobertura vegetal, a umidade e o tipo de solo e o relevo (ALENCAR, et al., 2006).

Saber a intensidade do escoamento superficial ao longo de uma série temporal em uma determinada bacia hidrográfica é parâmetro base para o dimensionamento de redes de drenagem urbana, barragens e canais; para o monitoramento da erosão e das áreas passíveis de inundação; e para fins de produção agrícola, que pode ser consideravelmente impactada com o excesso desse elemento hidrológico.

Figura 6 - Esquema do processo de escoamento superficial



Fonte: Water Drop (2016)

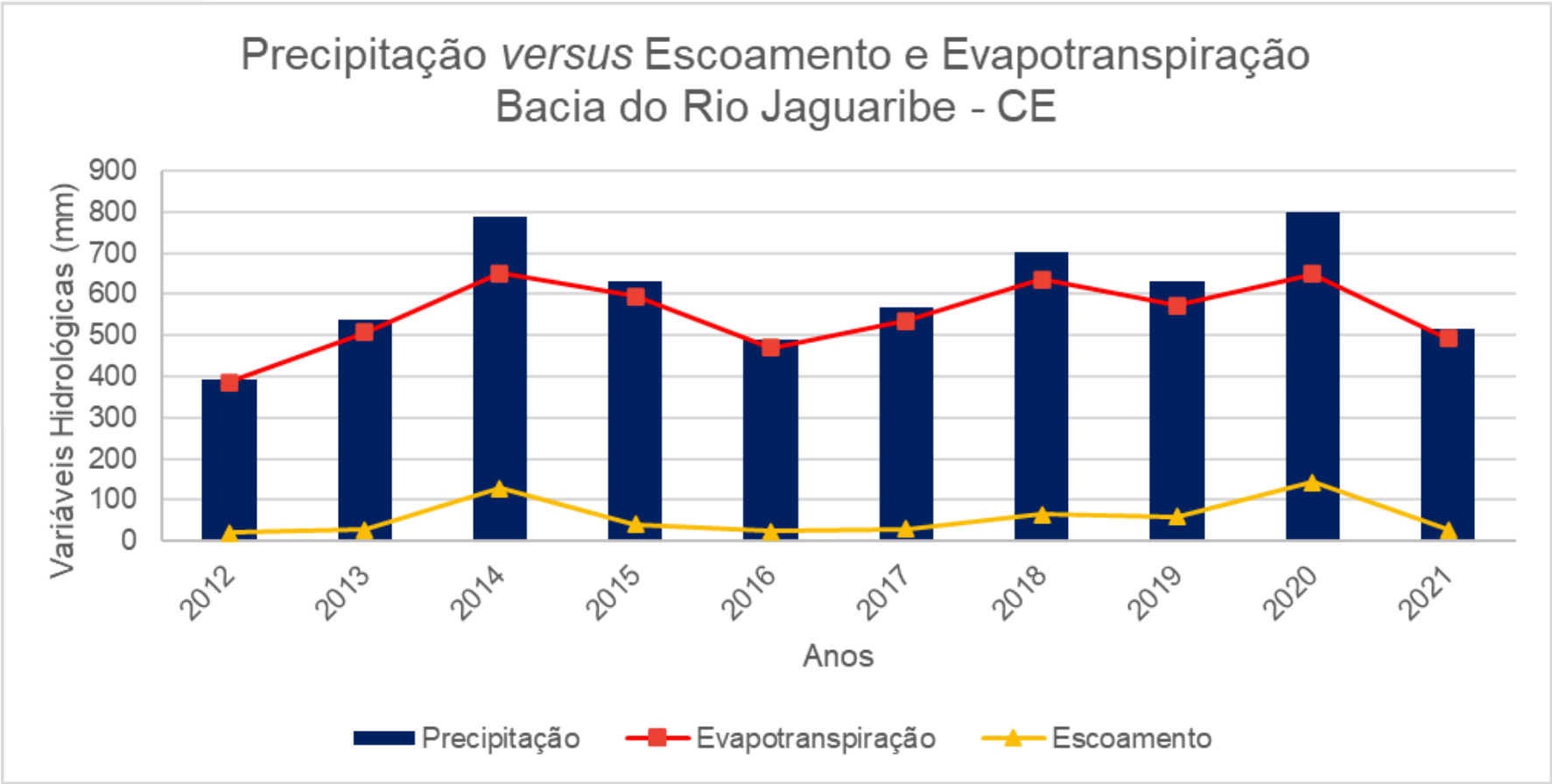
BALANÇO HÍDRICO BACIA DO RIO JAGUARIBE

Balanço hídrico consiste na diferença entre a quantidade de água que entra e que sai de uma extensão territorial em um determinado intervalo de tempo. O balanço hídrico também pode ser definido como uma equação na qual os valores de precipitação colaboram para o excesso, ao passo que a evapotranspiração e escoamento superficial colaboram para o déficit hídrico do sistema.

No caso do presente trabalho, a área escolhida é a bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, trabalhando-se com dados anuais ao longo de uma década. Conforme explicitado, os dados foram extraídos do banco de dados proveniente do Terra Climate - Monthly Climate and Climatic Water Balance for Global Terrestrial Surfaces e trabalhados na ferramenta Google Earth Engine (GEE).

O gráfico 1 consolida a média anual dos dados precipitação com respectivos dados de evapotranspiração e escoamento superficial. Tendo em vista que a evapotranspiração e o escoamento é consequência do volume precipitado, é possível observar a proporcionalidade entre os parâmetros, de modo que quanto maior foi a chuva no período analisado, maior foi o escoamento e a evapotranspiração.

Gráfico 1 - Precipitação versus escoamento e evapotranspiração, na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe/CE.

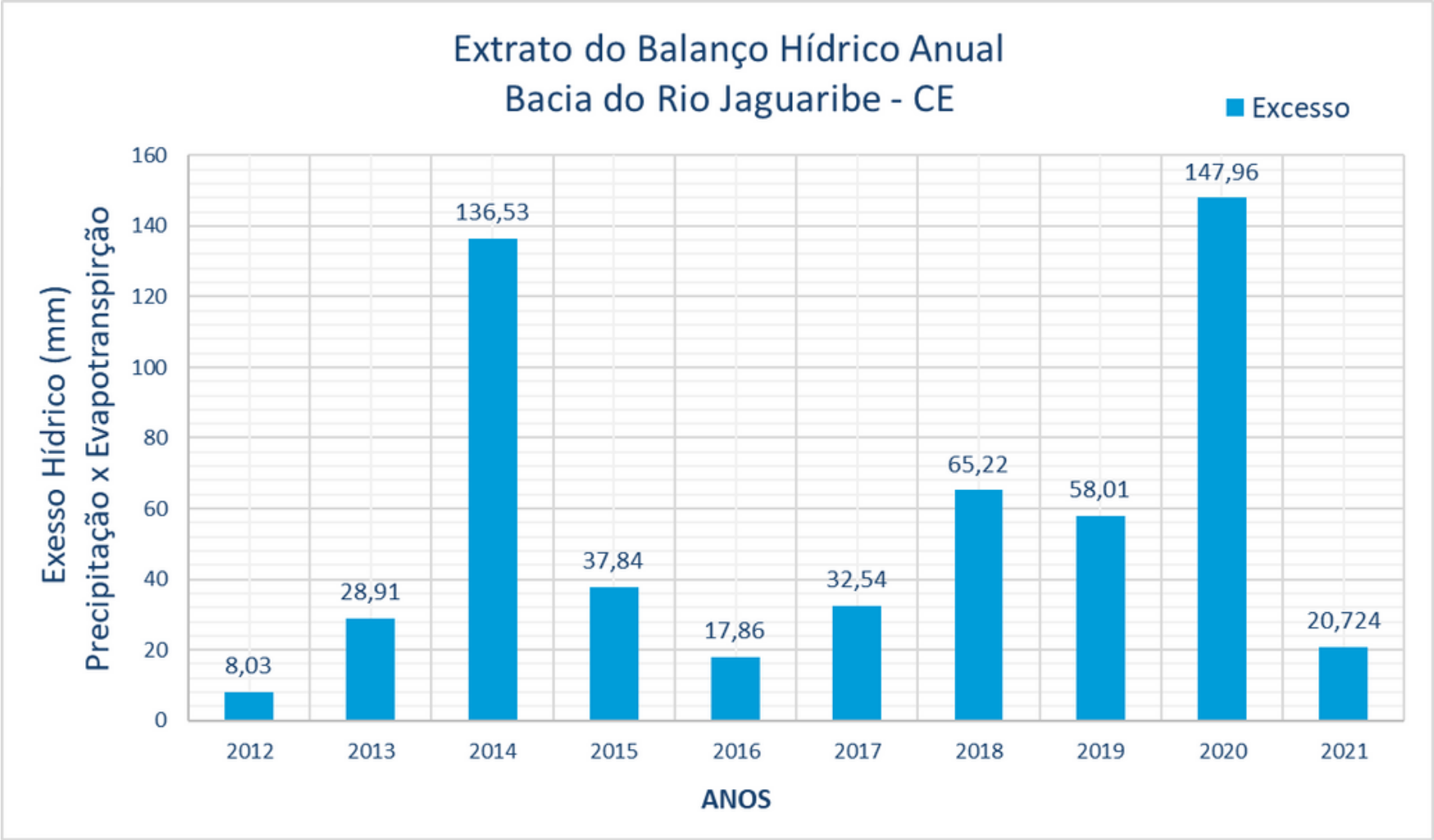


BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO RIO JAGUARIBE

Ao analisar a Gráfico 2, é possível visualizar que em todos os anos da série histórica analisada, a precipitação foi maior que a evapotranspiração resultando em um excesso hídrico durante essa década. Nos anos de 2014 e 2020, por exemplo, esse acréscimo pluviométrico se aproximou de 140 mm, sendo esses os dois anos em que ocorreu maior excedente hídrico ao longo desse período.

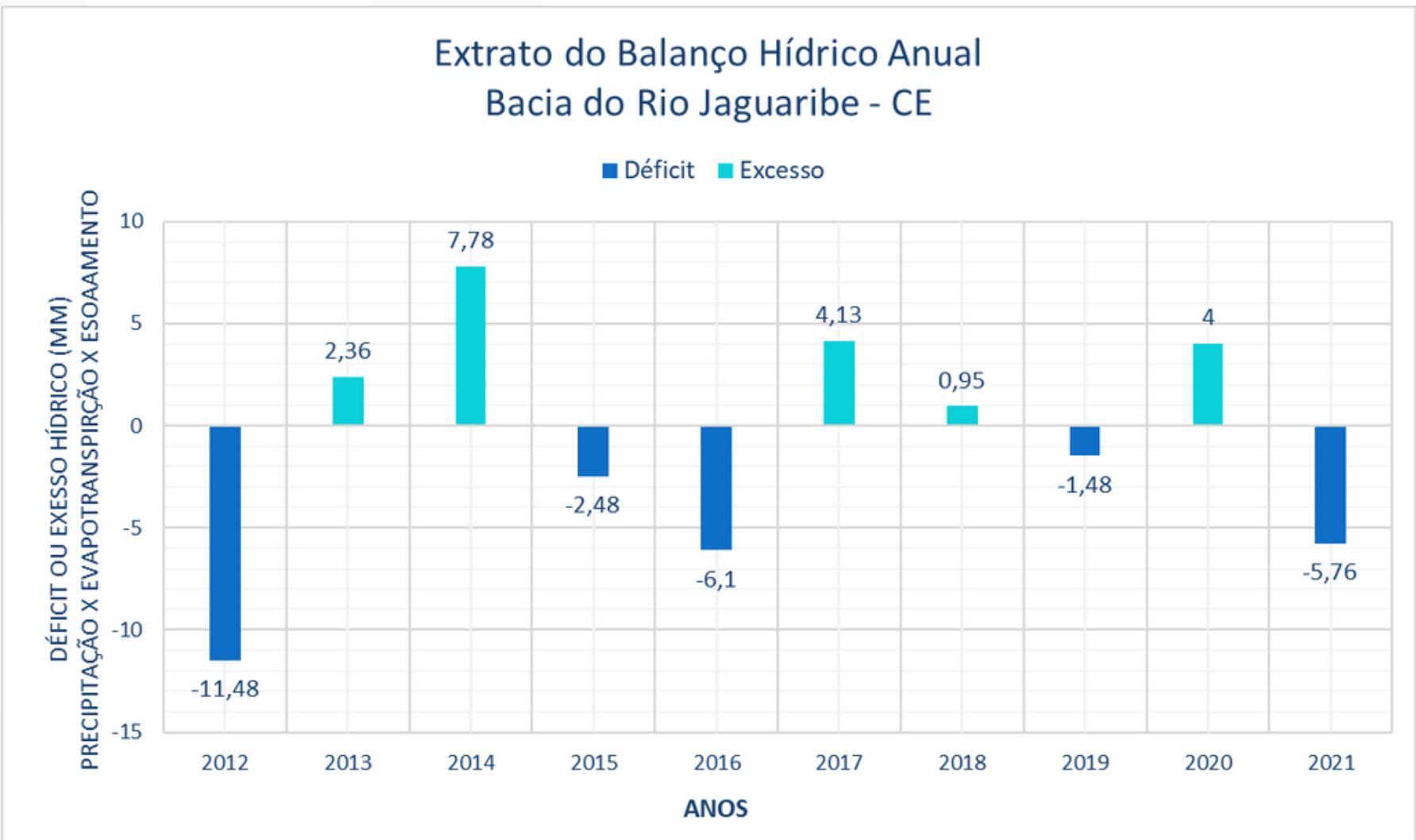
Contudo, o Gráfico 2 considera apenas as variáveis de precipitação e evapotranspiração, desconsiderando o escoamento superficial. Consoante apresentado no Gráfico 1, o escoamento superficial, embora seja o parâmetro que apresenta menores valores, também colabora significativamente para a saída de água do sistema.

Gráfico 2 - Extrato de Excesso Hídrico Anual
Inter-relação entre precipitação e evapotranspiração



Diante desse contexto, o presente relatório concebeu um novo gráfico (3), no qual a precipitação é uma variável positiva, enquanto que a evapotranspiração e o escoamento são variáveis negativas na equação de balanço hídrico.

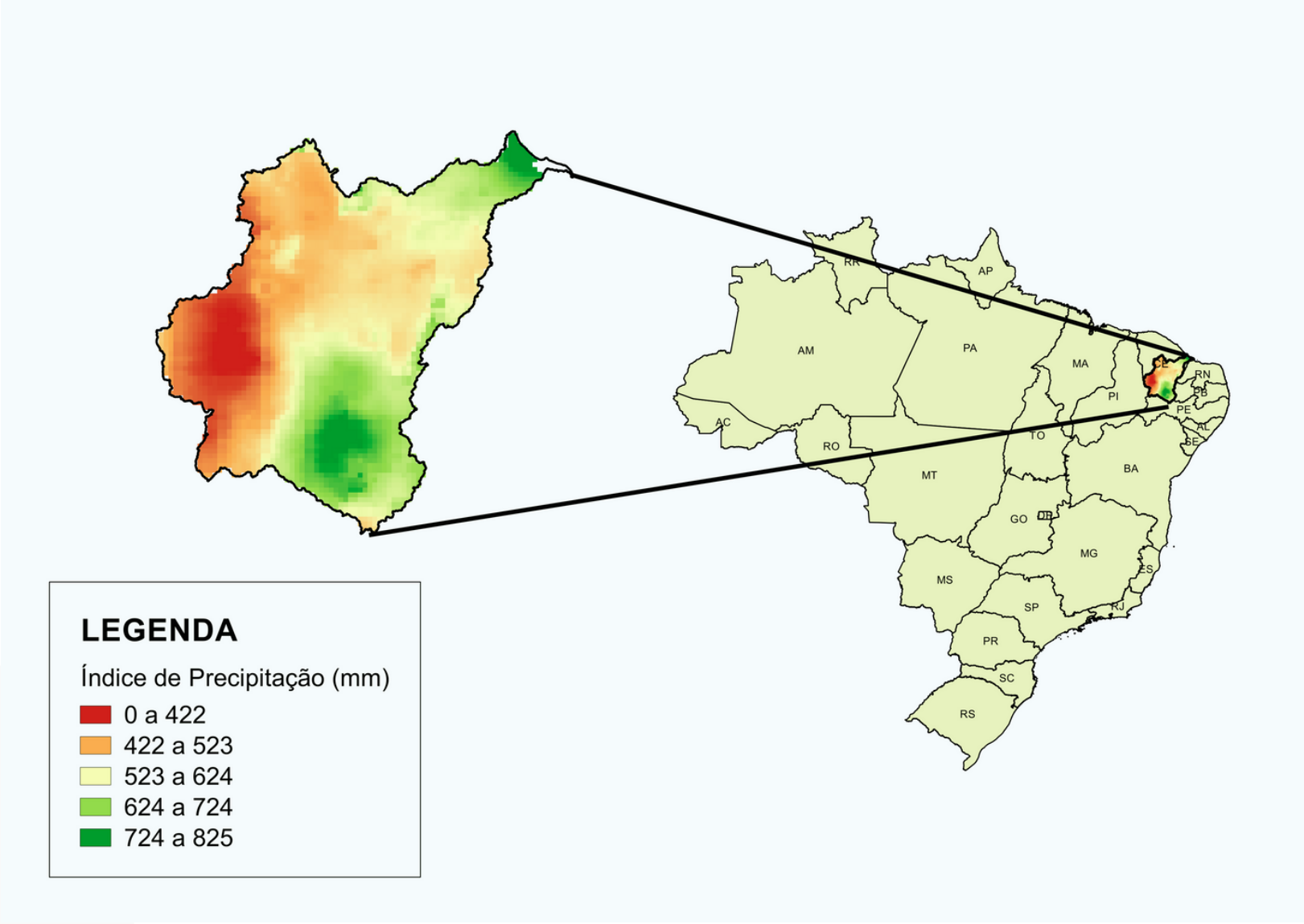
Gráfico 3 - Extrato do Balanço Hídrico Anual
Inter-relação entre precipitação, evapotranspiração e escoamento superficial



Ao analisar a Gráfico 3, é possível visualizar 5 anos de excesso e 5 anos de déficit hídrico, sendo os déficits mais expressivos que os excessos. Isso permite inferir que essa serie de 10 anos foi deficitária. Diante desse cenário, é possível concluir que desconsiderar o escoamento pode resultar em um cenário de excesso hídrico que não condiz com a realidade.

Em adição, essa parte do presente boletim visa a exibir a distribuição espacial da precipitação na bacia hidrográfica em análise. Para alcançar esse objetivo, foi necessário o uso da ferramenta “Google Earth Engine (GEE)”. Inicialmente, foi realizado a importação do shape da bacia e, a partir da elaboração do script, obtido os indicadores que compõem a equação de balanço hídrico. Um dos produtos resultantes das operações realizadas no GEE é a Figura 7, no qual é possível visualizar a precipitação média distribuída ao longo do território da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe/CE.

Figura 7 - Precipitação média anual de uma década
Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe/CE.



Ao analisar as informações contidas na Figura 7, é possível observar uma diferença substancial entre as precipitações anuais nas diversas partes da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe. A sub-bacia do alto Jaguaribe, localizada na porção central do estado do Ceará, dispõem de baixos volumes pluviométricos (0 a 422), ao passo que a sub-bacia do Rio Salgado, localizado na porção sul do estado, dispõe de um índice de precipitação anual duas vezes maior, orbitando em torno de 800 mm.

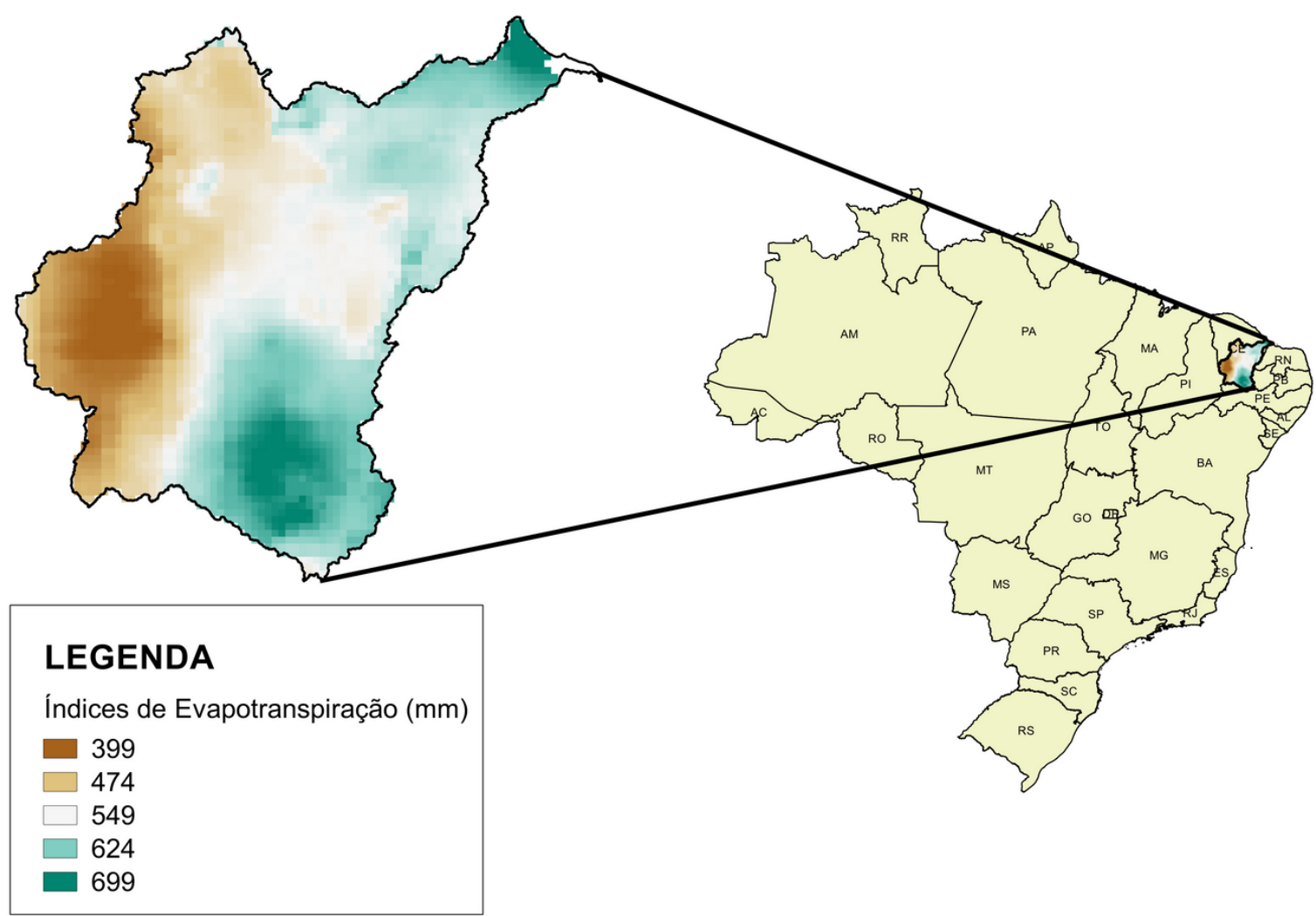
Essa superioridade quanto ao índice de precipitação da sub-bacia do Rio Salgado em relação às demais subdivisões da área de drenagem do Rio Jaguaribe, também foi observado por Silva, et al. (2010). Esse estudo se debruçou sobre uma série histórica da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCENE), que dispõe do volume de chuvas na região durante 30 anos, chegando a conclusão de que a precipitação média na bacia do Rio Salgado foi de 889 mm, ao passo que esse mesmo índice foi de 520 mm nas demais regiões da área analisada (FUNCENE, 2022).

Essa superioridade pluviométrica pode ser explicada pelo deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para o sul da linha do equador, que beneficia historicamente a porção sul do território cearense. Além da ZCIT, outros sistemas atmosféricos, como: Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), Frentes Frias, Linhas de Instabilidade e Sistemas Convectivos, costumam favorecer a região, resultando em um clima que intermediário entre tropical chuvoso e tropical úmido, contrastando assim com o clima semiárido encontrado em grande parte do estado. (RIBEIRO, 2017).

Ademais, a evapotranspiração não é uniforme no espaço e no tempo. Do ponto de vista de variabilidade espacial, a evapotranspiração é influenciada pela precipitação, características físico-hídricas do solo e o tipo e densidade da vegetação. É variável no tempo devido à variabilidade do clima.

Conforme explicitado no balanço hídrico, a evapotranspiração é proporcional à precipitação. Em análise comparativa entre as figuras 7 e 8, é notório que as regiões das sub-bacias Salgado e Baixo Jaguaribe, no qual ocorreu maior precipitação, também resultou em maior evapotranspiração, apresentando índices superiores a 600 mm. Enquanto nas sub-bacias do Alto Jaguaribe, Banabuiú e a maior parte da sub-bacia do Médio Jaguaribe, a evapotranspiração média anual é inferior a 550 mm.

Figura 8 - Evapotranspiração média anual de uma década
Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe/CE.



REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ALENCAR, Danielle, et al. Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal. Engenharia Agrícola, 2006, 26: 103-112.

CAMARGO, ÂNGELO PAES DE; CAMARGO, MARCELO BENTO PAES DE. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. Bragantia, 2000, 59: 125-137.

COLLISCHONN, Bruno. Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído. 2006.

COSTA, J. A.; SANTOS, M. Â. C. M. dos; MENDES, K. P.; SILVA, G.; MIRANDA, V. G.; MONTEIRO, B. L.; SILVA, D. F. Ciclos e períodos de eventos extremos na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe. Revista GeoNordeste, n. 1, p. 132-148, 2016.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Calendário das Chuvas no Estado do Ceará. 2022. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorológico/406-chuvas-diárias>>. Acesso em 12 Jul. 2022

GATTO, Luiz Carlos Soares. Diagnóstico ambiental da bacia do rio Jaguaribe: diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador: IBGE, 1999.

SOUSA, ABd; MELO, R. A.; SILVA, DFd. Avaliação climática e dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe (CE). Revista Brasileira de Geografia Física, 2013, 6.5: 1115-1140.

SANTOS, Leonardo Laipelt dos. geeSEBAL: uma ferramenta Google Earth Engine para estimativa de séries temporais de evapotranspiração. 2020.

THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, 1948, 38.1: 55-94.

RIBEIRO, S. C. (2017). CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO SALGADO NA MESORREGIÃO SUL CEARENSE – Parte I – Clima e Arcabouço Geológico. Geoconexões v1(2017).

SILVA, F. M. A.; LIMA, G. G.; REIS, G. P.; SOUZA, G. B. B.; LIMA, F. J.; RIBEIRO, S. C. Análise das precipitações pluviométricas na sub-bacia do rio salgado, sul cearense (1979 - 2008). In Simpósio Nacional de Climatologia Geográfica, 9, 2010, Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, 2010. 1 CD.