

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

BALANÇO HÍDRICO NA BACIA DO BRÍGIDA - PE EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS DO CLIMA UTILIZANDO O SUPER COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO

Letícia Barreto Domingues¹; Robertson V. de P. Fontes Júnior²; Thiago L. V. Silva²; Dóris A. Veleda³; Josicleda Galvino¹; Suzana M. G. L. Montenegro²

Abstract: The diagnosis of a hydrological basin is an important public policy issue, since the analysis of its functioning and health allows the construction of a management system that is appropriate to the reality experienced. The government of Pernambuco, through the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC), has the Hydrological Response Unit System for Pernambuco (SUPer) for the construction of the water diagnosis. SUPer allows the evaluation of the variables that make up the water balance, allowing the simulation of scenarios with changes in the various variables. The objective of this work is to evaluate the balance of the Brígida River Basin, located in the upper Sertão, from 1961 to 2021, to identify the impacts of climate change, increased temperature and increased and decreased precipitation. The results obtained indicate significant changes in the aquifer recharge rates and in the return flow, especially in surface and underground capture.

Resumo: O diagnóstico de uma Bacia Hidrológica apresenta-se como uma importante questão de política pública, visto que a análise acerca do funcionamento da bacia hidrográfica, permite a construção de uma gestão adequada a realidade vivenciada. O governo de Pernambuco, através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), dispõe do Sistema de Unidades de Respostas Hidrológicas para Pernambuco (SUPer) para a construção do diagnóstico hídrico. O SUPer possibilita a avaliação das variáveis que compõem o balanço hídrico, permitindo a simulação de cenários com alterações nas diversas variáveis. Objetiva-se com o presente trabalho a avaliação do balanço da Bacia do Rio Brígida, localizada no alto Sertão, no período de 1961 a 2021, para identificar os impactos das alterações climáticas, aumento de temperatura e acréscimo e redução de precipitação. Os resultados obtidos apontam para significativas alterações nas taxas de recarga do aquífero e no fluxo de retorno, em especial na captação superficial e subterrânea.

Palavras-Chave – SWAT; mudança climática; gestão de recursos hídricos.

¹ UFPE/DCG - Departamento de Ciências Geográficas, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901, leticia.barreto@ufpe.br ; josicleda.galvino@ufpe.br

² APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima, Av. Cruz Cabugá, S/N, Recife-PE. 81 3183.1000, robertson.fontes@apac.pe.gov.br; thiago.vale@apac.pe.gov.br; suzana.montenegro@apac.pe.gov.br

³ UFPE/DOCEAN - Departamento de Oceanografia, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901, doris.veleda@ufpe.br

INTRODUÇÃO

O acesso e a gestão sustentável da água fazem parte dos princípios norteadores 6 e 12 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) preconizados pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2024), tornando-se, em várias áreas do globo, o acesso e o gerenciamento dos recursos hídricos uma importante questão de política pública.

Estudos desenvolvidos por Trenberth (2011); Hartmann *et al.* (2013), Collert (2014), IPCC (2022), Pandya (2023) e MBarek (2024), têm apontado tendência de elevação da temperatura média global e de modificação, aumento ou redução, no regime de precipitação em pontuais regiões, em especial em região semiáridas, e seus impactos nos recursos hídricos.

Em virtude da tendência de alterações na temperatura e precipitação na região semiárida, o conhecimento acerca do funcionamento de uma bacia hidrográfica para o desenvolvimento e manutenção de uma gestão hídrica eficiente e equilibrada apresenta-se essencial. Ferramentas hidrológicas são utilizadas para compreender, analisar e assessorar decisões sobre o funcionamento de uma bacia hidrográfica (COSTA *et al.*, 2015; DAGGUPATI *et al.*, 2015; BRIGHENTI *et al.*, 2019, M'BAREK *et al.*, 2024), sendo a modelagem hidrológica a mais utilizada.

Os modelos hidrológicos consistem em diferentes ferramentas de simulação de processos hidrológicos, podendo ser aplicados para a compreensão e avaliação das vazões e suas mudanças (SILVA *et. al.*, 2005; FOLTON *et al.*, 2015). A exemplo da utilização da modelagem para a delimitação do comportamento e impactos nos recursos hídricos temos os estudos de Bajracharya *et. al.*, (2024) sobre a Bacia de Koshi, localizada na região do Himalaia, que identificou alterações drásticas na vazão do rio em virtude das mudanças na precipitação e temperatura na estação pré-monsoão, de M'Barek *et. al.* (2024) acerca da bacia de El Grou, localizada no Marrocos, que observou um declínio no rendimento total na recarga subterrâneas e no escoamento superficial ligados a diminuição da precipitação e elevação na temperatura.

E de Souza; Ferreira (2020); Galvíncio *et al.*, (2007) sob a Bacia do Brígida, localizada na região semiárida do estado de Pernambuco, que verificaram a retirada de vegetação nativa, a Caatinga, somada ao crescimento populacional e atenuação na precipitação ocasionaram situações de estresse e escassez.

O modelo hidrológico utilizado para planejamento e gestão dos recursos hídricos pelo governo de Pernambuco, através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), é o Sistema de Unidades de Respostas Hidrológicas para Pernambuco (SUPer). O SUPer é um modelo eco hidrológico construído com base no modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) que reúne o conjunto de dados e variáveis hidrológicas de todas as Bacias Hidrográficas de Pernambuco, o que possibilita a compreensão e análise de quantidade e qualidade de água, manejo do solo, poluição e mudanças climáticas (NEITSH *et al.*, 2011, GALVÍNCIO *et al.*, 2021; TIBURCIO *et al.*, 2023 PAN *et al.*, 2024, BAREK *et al.*, 2024).

Diante da importância que a modelagem hidrológica confere para a compreensão e auxílio acerca das decisões sobre a disponibilidade hídrica, objetivou-se com esse trabalho, a avaliação do balanço hídrico da Bacia utilizando o SUPer, no período de 1961 a 2021, para identificar os impactos das alterações climáticas, aumento de temperatura e acréscimo e redução de precipitação na região.

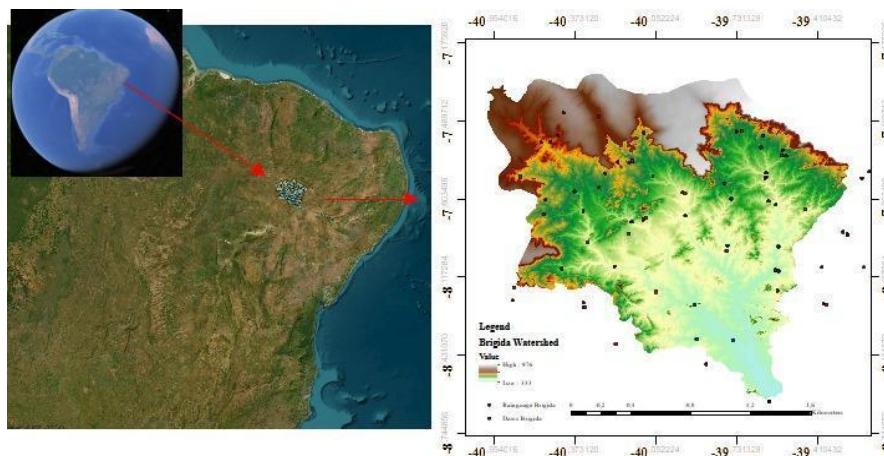
MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O domínio do estudo compreende a Bacia hidrográfica do Rio Brígida, localizada no alto Sertão (limite oeste) do Estado de Pernambuco, entre as coordenadas geográficas $7^{\circ} 30'$ a $9^{\circ} 00'$ S e $39^{\circ} 30'$ a $41^{\circ} 00'$ W e aproximadamente 700m de altitude, com nascente na Chapada do Araripe e Foz no Rio São Francisco. A Bacia possui uma área de 14.366 km² e uma extensão de 160 km. A bacia, é a segunda maior do Estado de Pernambuco, o que corresponde a 13,71% da superfície total. Abrange 15 municípios no total, entre os quais Cabrobó, Orocó, Santa Cruz, Santa Filomena, Santa Maria da Boa Vista e Serrita estão parcialmente inseridos na bacia, enquanto Araripina, Bodocó, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Trindade e Parnamirim possuem área total dentro dos limites da unidade de planejamento hídrico (APAC, 2024).

A Bacia do Brígida está inserida na depressão do São Francisco na região semiárida brasileira, possuindo como clima predominante o semiárido de baixas latitudes e altitudes, conforme a classificação climática de Köppen apresenta clima semiárido quente (BSh), com precipitação anual máxima de 800 mm, insolação média de 2.800 h.ano⁻¹, temperaturas médias anuais de 23°C a 27°C, evaporação média de 2.000 mm.ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50% (SÁ & da SILVA, 2010).

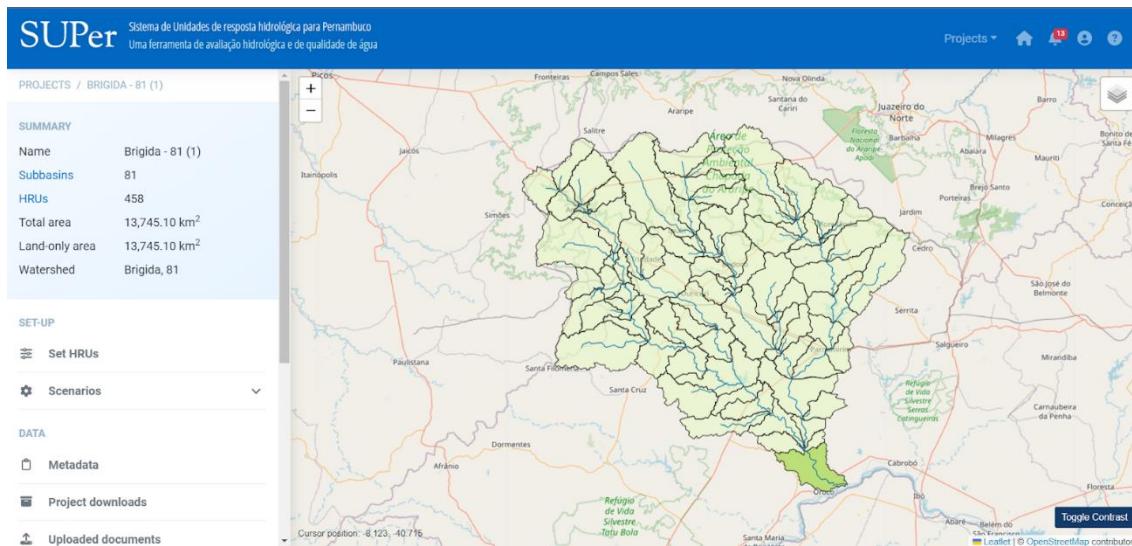
Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Brígida



SUPer - Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica de Pernambuco

O SUPer (Figura 2) é um modelo de simulação interativa de quantidade e qualidade de água baseado na web que emprega como seu principal mecanismo a ferramenta de avaliação de água e solo o SWAT (TAMU, 2012), modelo de domínio público reconhecido internacionalmente. O SUPer é uma versão do HAWQS (Hydrologic and Water Quality System) o qual melhora a utilização do SWAT para simular os efeitos de práticas de gestão com base em ampla gama de culturas, solos, tipos de vegetação natural, usos da terra e tópicos para hidrologia e parâmetros de qualidade de água (FANT et al., 2017; HAWQS, 2020), que contém projetos já calibrados para todas as bacias hidrográficas do estado de Pernambuco, permitindo estimativas para eventos futuros do clima (GALVÍNCIO et. al, 2024; FARÍAS, et. al, 2023; TIBURCIO et. al, 2023).

Figura 2 - Projeto SUPer para o Rio Brígida



O projeto da bacia do Brígida utilizado para este estudo foi calibrado com dados de Miranda (2017), a partir de índice de área foliar (IAF) para bacia do Pontal vizinha a bacia do rio Brígida, que apresenta o mesmo tipo de vegetação. Com período de dados disponibilizados dos anos de 1961 a 2021, contendo 81 sub-bacias e 81 sub-bacias com 458 unidades de resposta hidrológica. O uso e ocupação do modelo são, agricultura uso-genérico, pasto de verão, água (lagos) e mosaico de área produtiva com floresta. Os solos do modelo são: argissolo vermelho amarelo, argissolo amarelo, neossolo regolítico, neossolo litólico e cambisolo.

Cenários de Alterações Climáticas

O modelo SUPer apresenta um ajuste mensal para precipitação e temperatura para cada sub-bacia do projeto. Com aumento da precipitação de 0 a 100% e temperatura de -20°C a +20°C, com alteração dos dados já presentes no banco de dados do modelo. Foram propostos para este estudo a aplicação de cenários para avaliar a sensibilidade da bacia hidrográfica do rio Brígida as alterações da temperatura e precipitação de acordo com estudos de Arnell *et al.* (2019) e Marengo *et al.* (2011) com aumentos até 1,5°C e redução de 10 e 15% de acordo com Tiburcio *et al.* (2023) e aumento da precipitação na mesma proporção (Tabela 1). As alterações foram realizadas para todas as sub-bacias do projeto.

Tabela 1 - Cenários de Alterações Climáticas.

Cenários	Temperatura	Precipitação
1		+ 10%
2		+ 15%
3	1,5°C	-10%
4		-15%

RESULTADOS E DISCUSSÃO

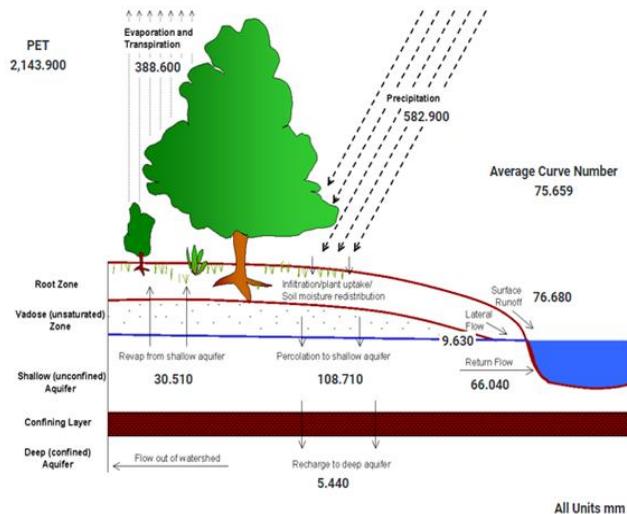
O balanço hídrico da Bacia do Rio Brígida (Figura 3), em um cenário sem alterações climáticas, é composto por uma precipitação média anual de 582 mm, evapotranspiração potencial de 2.143 mm e evapotranspiração real média anual de 388.600 mm. Ao analisar os dados extraídos no balanço hídrico da figura 3, observa-se que no processo de evapotranspiração aproximadamente 66% da precipitação é perdida, ao mesmo tempo, em que no escoamento de base cerca de 50% esvai-se, percolam-se 18% e apenas 9% retorna à superfície pelas raízes.

Resultados semelhantes de balanços hídricos em bacias do semiárido foram apontados nos estudos de Tibúrcio *et al.* (2023), Luz e Galvínio (2022), Soares (2022) e Barek *et al.*, (2024). Partes da bacia hidrográfica de Terra Nova, localizada na região semiárida de Pernambuco, apresentou dados do balanço da bacia do Riacho Milagres, revelando que 41% da precipitação é perdida por evapotranspiração, sendo 56% da precipitação percolada e 37% da retorna à superfície. Tibúrcio *et al.* (2023) analisou os dados do Riacho Amolar, a sub-bacia 1 no SUPer, encontrando que aproximadamente 34% da precipitação esvai-se por meio da evapotranspiração, ao tempo que 57% da precipitação é percolada e 9,30% retorna à superfície pelas raízes. Parte da bacia do Pajeú foi estudada por Soares (2022), que reuniu os dados do balanço do Riacho Cachoeira, constatando que 42% da precipitação é evapotranspirada, 56% percola e 3% retorna para superfície.

M'Barek *et al.* (2024) investigaram a região semiárida de uma bacia de Marrocos, indicando a presença de significativas modificações em todas as variáveis hidrológicas da bacia, demonstrando a redução drástica de 41% a 73% no escoamento superficial, 21% a 53% no rendimento total de água e na recarga de águas subterrâneas.

Os resultados descritos nos balanços hídricos encontrados em outras bacias (TIBÚRCIO *et al.*, 2023; LUZ, GALVÍNCIO, 2022; SOARES, 2022; M'BAREK *et al.*, 2024), e os apresentados neste trabalho, para a bacia do Brígida, revelam que as características hídricas são reflexos do regime climático na qual as bacias estão inseridas. Outros estudos em regiões semiáridas, como M'Barek *et al.* (2024) e Pan *et al.*, (2024), indicam que a variabilidade de precipitação detém uma influência mais eminente, quando comparada com à temperatura, no fluxo do rio. Em razão da forte influência da precipitação no fluxo, a menor das alterações, irá propiciar eventos hidrológicos extremos, sejam eventos de seca ou inundação.

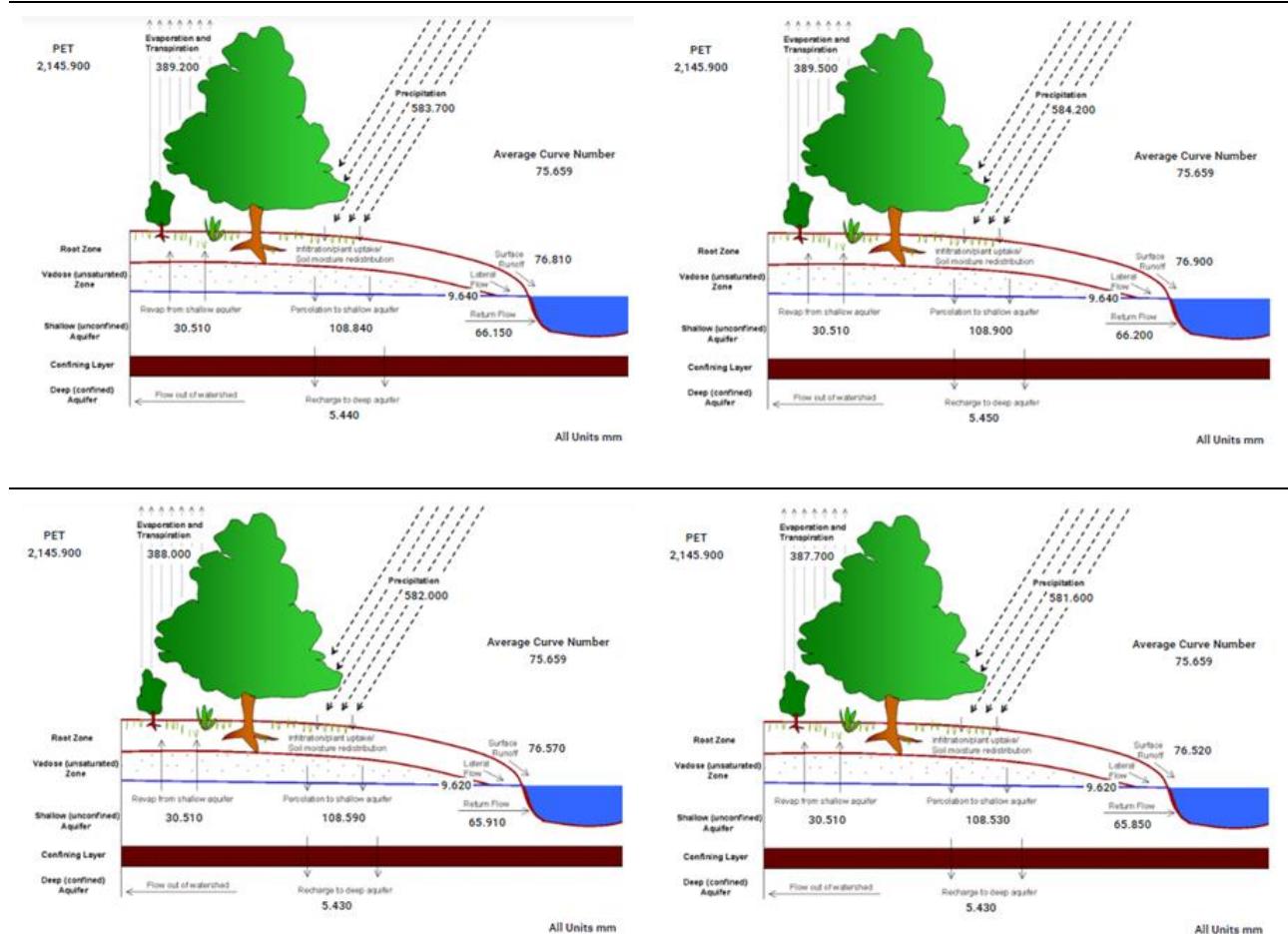
Figura 3-Balanço hídrico da Bacia do Brígida sem alterações climáticas



Ao verificar as variáveis no cenário controle (Figura 3) e suas variações nos cenários com alterações climáticas (Figuras 4 a 7), nota-se que há uma relação proporcional entre a evapotranspiração potencial (PET) e a temperatura, independentemente dos índices pluviométricos utilizados.

Diferentemente do observado por M'Barek *et al.* (2024) e Pan *et al.*, (2024), a temperatura terá uma influência mais proeminente do que a precipitação em relação a PET. Considerando que com o acréscimo da temperatura haverá um crescimento proporcional da PET, independente da modificação de precipitação, segundo apontado pela Tabela 2.

Figuras 4 a 7 - Balanços hídricos da Bacia do Brígida com alterações climáticas



Do mesmo modo, uma relação proporcional é estabelecida entre a evapotranspiração real e a temperatura, consequentemente nos cenários com aumento de precipitação se tem o crescimento da evapotranspiração real, enquanto os cenários com redução de precipitação se têm a diminuição. Por conseguinte, verifica-se, nos cenários 1 e 2 que com a apresentação de mais energia no sistema, há um crescimento na evapotranspiração, enquanto nos cenários 3 e 4, há um decréscimo, segundo o demonstrado pela Tabela 2.

Tabela 2. Variações da Evapotranspiração Potencial e Real

Cenários	Evapotranspiração Potencial	Evapotranspiração Real
1	0,09	0,15
2	0,09	0,23
3	0,09	-0,15
4	0,09	-0,23

Ao analisar os valores da evapotranspiração potencial e real extraídos no cenário controle e nos com alteração climática, dispostos na tabela 2 e figuras 4 a 7, percebe-se que a elevação da temperatura relacionada com a variação de precipitação causará impactos concretos e significativos no balanço da bacia do Brígida.

De forma análoga, Tibúrcio *et al.* (2023) verificaram o comportamento na sub-bacia 1 da bacia de Terra Nova, encontrando a mesma relação proporcional entre as variáveis da evapotranspiração potencial e real, temperatura, precipitação e impacto real no balanço hídrico nos cenários de alterações climáticas.

Variações e impactos semelhantes foram identificados no escoamento superficial e lateral, verificando que sua variação está condicionada aos índices de precipitação, assim, nos cenários com aumento de precipitação, 1 e 2, há uma elevação em seus valores, enquanto nos cenários de redução, 3 e 4, há uma diminuição.

O mesmo comportamento de variação de valores atrelada aos índices pluviométricos é visualizado nas variáveis de percolação, fluxo de retorno e na recarga do aquífero, enquanto a variável de curva média número manteve o mesmo valor, independentemente das condições de temperatura e precipitação.

CONCLUSÃO

Os resultados alcançados pelo presente estudo apontam significativas alterações nas taxas de recarga do aquífero e no fluxo de retorno ocorreram nos cenários com redução de precipitação, 3 e 4, o que indica redução da concentração de disponibilidade hídrica, em especial na captação superficial e subterrânea. Enquanto nos cenários com elevação da precipitação, 1 e 2, preconizam o crescimento do acúmulo de água.

Tais cenários demonstram a possibilidade de impactos consideráveis, seja pela diminuição e aumento da disposição de água, para a subsistência e manutenção de atividades socioeconômicas desempenhadas na região, como a produção agrícola e pecuária. Dessa forma, faz-se necessário o monitoramento constante e a criação de estratégias para o uso adequado dos recursos hídricos frente às mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

Os autores, Letícia B. Domingues, Thiago L. V. Silva e Dóris A. Veleda, agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento dos Projetos SIMOPEC - Sistema operacional de modelagem acoplada oceano-atmosfera para o monitoramento e previsão de extremos climáticos nas zonas vulneráveis do Nordeste do Brasil, CNPq

406707/2022 e ao Projeto Análise climática e modelagem acoplada oceano-atmosfera de eventos extremos em resposta ao aquecimento da Região da Confluência Brasil-Malvinas, CNPq 421049/2023-5.

REFERÊNCIAS

- Agência Pernambucana de Águas e Clima- APAC. (2024). <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-brigida/161-bacias-hidrograficas-rio-brigida/25-bacia-do-rio-brigida>.
- Agência Pernambucana de Águas e Clima. -APAC. (2023). Atlas climatológico do Estado de Pernambuco: normais climatológicas 1991-2020. Gerência de Meteorologia e Mudanças Climáticas. – Recife: APAC, GMMC, 2023, p-104.
- ANGELOTTI, F., SIGNOR, D., GIONGO, V. (2015). “*Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: experiências e oportunidades para o desenvolvimento*”. Revista Brasileira de Geografia Física, 8, 1097-1111.
- ARNELL, N.W.; LOWE, J.A.; CHALLINOR, A.J.; OSBORN, T.J. (2019). “*Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase*”. Climatic Change, 155: 377-391.
- BAJRACHARYA, S. R.; PRADHANANGA, S.; SHRESTHA, A. B.; THAPA, R. (2023). “*Future climate and its potential impact on the spatial and temporal hydrological regime in the Koshi Basin, Nepal*”. Journal Of Hydrology: Regional Studies, [S.L.], v. 45, p. 101316.
- BRITO, T. R. C., LIMA, J. R. S., OLIVEIRA, C. L., SOUZA, R. M. S., ANTONINO, A. C. D., MEDEIROS, E. V., SOUZA, E. S., ALVES, E. M. (2020). “*Mudanças no Uso da Terra e Efeito nos Componentes do Balanço Hídrico no Agreste Pernambucano*”. Revista Brasileira de Geografia Física, 13, 870-886.
- CASTRO, A. S.; CAVALCANTE, A. M. B. (2007). *Flores da Caatinga*. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido - INSA, 2010. 116 p.
- CARVALHO, A. T. F. (2020). “*Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil*”. Caderno Prudentino De Geografia, 1(42), 140–161.
- CORLETT, R. T (2014). “*The impacts of climate change in the Tropics*”. State of the Tropics, 2, 155-161.
- COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. M.; GONÇALVES, W. A. (2015). “*Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil*”. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, n. 5 p. 1321 – 1334.
- ENGELBRECHT, B. Z., GONÇALVES, R. D., TERAMOTO, E.H., CHANG, H. K. (2019). “*Disponibilidade hídrica e balanço hídrico da BACIA do Rio Cachoeira na Região de Itabuna/BA*”. Geosciences = Geociências, 38, 731-740.
- FANT, C.; SRINIVASAN, R.; BOEHLERT, B.; RENNELS, L.; CHAPRA, S.C.; STRZEPEK, K.M.; CORONA, J.; ALLEN, A.; MARTINICH, J. (2017). “*Climate Change Impacts on US Water Quality Using Two Models: HAWQS and US Basins*”. Water, 9, 118.
- FARIAS, C.; VIANA, J.; MIRANDA, R.; SILVA, S.; VASCO, G.; MONTENEGRO, S.; GALVÍNCIO, J. (2023). “*Técnica de calibração para modelagem da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, Brasil, utilizando o SWAT*”. Revista Brasileira de Geografia Física, 16, 1621–1628.

- FERREIRA, P. S; SOUZA, W. M. (2021). “Modelagem hidroclimática e demográfica para estimativa da disponibilidade hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Brígida”. *Revista Brasileira de Climatologia*, [s. l.], v. 27, n. 16, p. 181-196.
- FRANÇA, M. V., MEDEIROS, R. M., HOLANDA, R. M., SABOYA, L. M. F., ROLIM NETO, F. C., PEREIRA, M. L. F., ARAÚJO, W. R. (2021). “Balanço hídrico atual e futuro para a cultura do algodão em amparo de São Francisco-SE”. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar* - 2, 1-9.
- GALVÍNCIO, J.D.; DE QUEIROGA MIRANDA, R.; DA LUZ, G.G. (2024). “Use of Soil Moisture as an Indicator of Climate Change in the SUPer System”. *Hydrology*, 11, 65.
- GALVÍNCIO, J. D. (2021). “Impacto do aumento de CO₂ nas Precipitações do estado de Pernambuco”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, 1828-1839.
- GALVÍNCIO, J. D.; SÁ, V. I. S.; MOURA, M. S. B.; RIBEIRO, J.G (2007). “Determinação das características físicas, climáticas e da paisagem da bacia hidrográfica do rio Brígida com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto”. *Revista de Geografia*, Recife, v. 24, n. 2, p. 293-306.
- HARTMANN, D. L., TANK, A. M. K., RUSTICUCCI, M., ALEXANDER, L. V., BRÖNNIMANN, S., CHARABI, Y. A. R., ... & ZHAI, P. (2013). “Observations: atmosphere and surface. In Climate change 2013 the physical science basis: Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change”. Cambridge University Press, pp. 159-254)
- HAWQS, 2020, "HAWQS System and Data to model the lower 48 conterminous U.S using the SWAT model", Texas Data Repository Dataverse, V1.
- JESUS, T. C. L., SENNA, M. C. A., CATALDI, M., PAIVA, C. M., FRANZ, B. (2017). “Impacto do Aumento da Concentração Atmosférica de Co₂ no Balanço Hídrico Climatológico do Cerrado”. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21, 313-326.
- LACERDA, F. F., NOBRE, P., SOBRAL, M. DO C., LOPES, G. M. B. (2016). “Alterações climáticas globais; uma realidade em Pernambuco”. *Anais Da Academia Pernambucana De Ciência Agronômica*, 11, 121–154.
- LUZ, G.; GALVÍNCIO, J. (2022). “Balanço hídrico superficial da bacia hidrográfica do riacho Milagres-PE, utilizando o SUPer”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15, 1094–1107.
- M'BAREK, S. A.; BOUSLIHIM, Y.; ROCHDI, A.; MIFTAH, A.; BEROHO, M. (2024). “The combined impact of climate change scenarios and land use changes on water resources in a semi-arid watershed”. *Scientific African*, [S.L.], v. 25, p. 1-17.
- MARENGO, J. A., CUNHA, A. P., ALVES, L. M. (2016). “A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico”. *Revista Climanálise*, 3, 49-54.
- MIRANDA, R. Q. (2017). “Avaliação integrada da variação espacial e temporal do balanço hídrico na caatinga”. 2017. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas-CFHC, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Cap. 4.
- MONTENEGRO, S. M. G. L. (2023). “Desertificação no Brasil: a exploração não planejada dos recursos naturais e as mudanças climáticas acarretam danos irreversíveis ao meio ambiente”. *Ciência e Cultura*, v. 75, n. 4.

- MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, G. R. A. (2007). “Consumo e desempenho de vacas guzerá e girolano na caatinga do sertão pernambucano”. Revista Caatinga, Mossoró, v.20, n.3, p.13-21.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- ONU. (2024). “Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil”.
- PAN, H.; TANG, J-p.; CHENG, L.; LI, M-C. (2024). “Ensemble projections of climate and streamflow in a typical basin of semi-arid steppes in Mongolian Plateau of 2021–2100”. Advances In Climate Change Research, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 230-243.
- PANDYA, P.; GONTIA, N. K. (2023). “Development of drought severity–duration–frequency curves for identifying drought proneness in semi-arid regions”. Journal Of Water And Climate Change, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 824-842.
- RIBEIRO NETO, A.; SCOTT, C. A.; LIMA, E. A. ; MONTENEGRO, S. M. G. L. ; CIRILO, J. A. (2014). “Infrastructure sufficiency in meeting water demand under climate - induced socio - hydrological transition in the urbanizing Capibaribe River basin Brazil”. Hydrology and Earth System Sciences, v. 18, p.3449-3459.
- SÁ, I. B.; da SILVA, P. C. G. (2010). “Semiárido brasileiro: pesquisa desenvolvimento e inovação. Ed. Embrapa Semiárido”. EMBRAPA, Petrolina, 402p.
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DE PERNAMBUCO- SEMAS-PE. (2020). “Zoneamento das áreas suscetíveis à desertificação do estado de Pernambuco ”. SEMAS, Recife. 120p.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. (2005). “Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Ouricuri, estado de Pernambuco” / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Julio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, p. 12.
- SILVA, D. D.; Pruski, F. F.; Schaefer, C. E. G. R.; Amorim, R. S. S.; Paiva, K. W. N. (2005). “Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva”. Engenharia Agrícola, v.25, n.2, p.409-419.
- SILVEIRA, N.; TIBÚRCIO, I.; SOARES, G.; GALVÍNCIO, J.; SANTOS, D.; MONTENEGRO, S. (2023). “Temporal Analysis of Water Quality for the Nilo Coelho Reservoir, Terra Nova, Pernambuco, Brazil”. Water, 15, 2899.
- SOUZA, B. I.; MENEZES, R.; CAMARA ARTIGAS, R. (2015). “Desertification effects on the species composition of the Caatinga Biome, Paraíba/Brazil”. Investigaciones Geograficas, Alicante, v. 88, p. 45-59.
- TIBURCIO, I.M.; SILVEIRA, N.T.; SANTOS, T.O.; MIRANDA, R.Q.; GALVÍNCIO, J.D. (2023). “Balanço Hídrico e Mudanças Climáticas no Semiárido Pernambucano: aplicabilidade do Sistema de Unidades de Respostas Hidrológicas para Pernambuco (SUPer)”. Revista Brasileira de Geografia Física, v.16, n.03, 1657-1670.
- TRENBERTH, K. E. (2011). “Changes in precipitation with climate change”. Climate research, 47(1-2), p 123-138.