



JOURNAL OF ECOINNOVATION AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT - online

ANÁLISE DAS SUPERFÍCIES HÍDRICAS DO BIOMA CAATINGA AO LONGO DE UMA ESCALA TEMPORAL

ANALYSIS OF WATER SURFACES IN THE CAATINGA BIOMA OVER A TEMPORAL SCALE

Aldair dos Santos Gomes

<https://orcid.org/0000-0001-9235-3337>

Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, PB

aldairbiologo@gmail.com

Ana Maria Ferreira Cosme

<https://orcid.org/0000-0002-1342-1950>

Superintendência de Administração do Meio Ambiente da Paraíba, SUDEMA, PB

anamfcosme@gmail.com

Isabelle Monteiro de Souza César

<https://orcid.org/0000-0001-8892-7588>

Centro Universitário de João Pessoa - UNIPÊ, PB

bellemonteiro@gmail.com

Lílian de Queiroz Firmino

<https://orcid.org/0000-0002-3919-4100>

Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, PB

naililufgccta@gmail.com

Wanessa Alves Martins

<https://orcid.org/0000-0002-2108-2530>

Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, PB

wanessamartins.eng@gmail.com

Viviane Farias Silva

<https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, PB

viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

RESUMO

A água é um recurso limitante principalmente para a caatinga onde alguns fatores impossibilitam o seu acúmulo na superfície, principalmente devido a elevadas temperaturas e evapotranspiração. Assim, objetivou-se neste trabalho, analisar as variações das superfícies de águas do Bioma Caatinga entre os anos de 1985 e 2020, os dados observados foram obtidos na base de dados do sistema de informações produzidas pelo MapBiomias, após essa etapa, realizou-se uma análise estatística utilizando o teste de Pettitt para identificar se existe ocorrência de mudança abrupta, ou seja, um ponto de quebra na série histórica. No período de 1985 a 2020 houve um período de redução drástica nas áreas superficiais hídricas no Bioma Caatinga. A previsão para os anos de 2021 a 2026 é que haverá aumento nas áreas superficiais hídricas com valores acima de 800 mil hectares.

Palavras-chave: MapBiomias; Superfícies de água; Taxas de evapotranspiração; Séries temporais; Teste de Pettitt.

ABSTRACT

Water is a limiting resource mainly for the caatinga where some factors make its accumulation on the surface impossible, mainly due to high temperatures and evapotranspiration. Thus, the objective of this work was to analyze the variations of water surfaces in the Caatinga Biome between the years 1985 and 2020. The observed data were obtained from the database of the information system produced by MapBiomias. A statistical analysis using the Pettitt test to identify whether there is an abrupt change, that is, a break point in the historical series. From 1985 to 2020 there was a period of drastic



reduction in surface water areas in the Caatinga Biome. The forecast for the years 2021 to 2026 is that there will be an increase in surface water areas with values above 800 thousand hectares.

Keywords: MapBiomias; water surfaces; Evapotranspiration rates; Time series; Pettitt's Test.

INTRODUÇÃO

O crescente processo de industrialização no mundo, abarcou consigo retrocessos no que tange ao meio ambiente, provocando diversas modificações em todos os biomas, aumentando, cada vez mais, o risco de extinção de várias espécies endêmicas da fauna e flora. Mas, o que é um bioma? “Bioma é um conceito que os biólogos e geógrafos criaram, na primeira metade do século passado, para descrever grandes sistemas ecológicos definidos, principalmente, pelo clima, [...] fisionomia da vegetação, solo e a altitude são semelhantes ou aparentados” (IBGE, 2004).

No Brasil há seis Biomas, cada um com sua especificidade e características próprias. Nesta pesquisa, em especial, será abordado sobre a Caatinga, que é o maior bioma entre as regiões Norte e Nordeste e é, exclusivamente, brasileiro, possuindo cerca de 28 milhões de habitantes em todo o seu território nacional, fazendo, em toda a sua extensão, uma das mais povoadas do mundo, entre aquelas de características climáticas similares no mundo (DECLARAÇÃO DA CAATINGA, 2012 s/p).

A Caatinga sobrepõe-se ao domínio semiárido e, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), abrange 844.453 km². Essa área equivale a 11% do território nacional, entre os paralelos 3° e 17°S e estende-se pelos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais, Ministério do Meio Ambiente do Brasil (FREIRE et al., 2020).

Segundo Mutti et al. (2019) o bioma caatinga é adaptado para resistir a longos períodos de estiagem que são característico do semiárido do nordeste brasileiro o qual é marcado por chuvas com distribuição irregular no espaço e no tempo ou seja há períodos que passa meses sem chover e outros que ocorrem precipitações torrenciais, altas temperaturas e longos períodos de insolação o que ocasiona o aumento a evaporação e a dessecação do solo e dos reservatórios artificiais de água, causando deste modo déficits hídricos durante grande parte do ano.

O solo é do tipo raso e rochoso, causando uma redução da capacidade de absorção e estoque de água (PAGOTO et al., 2015). No tocante as espécies vegetais, destacam que a vegetação é formada principalmente por xerófitas, amadeirada, espinhosa, decídua e semidecídua, ou seja, são plantas que durante o período de estiagem perdem suas folhas e no período chuvoso as folhas brotam novamente, trata-se de uma estratégia com o objetivo de diminuir a necessidade de água (MOURA et al., 2013; e MENDES, 2015). É a região mais



exposta aos riscos da variabilidade climática e a uma possível “aridização” e subsequente desertificação no Nordeste (MARENGO, 2014).

Sendo assim, ao que se refere o Bioma Caatinga, as alterações estão relacionadas a redução da densidade vegetal, uso inadequadas do solo, utilização de técnicas impropriadas para limpeza de áreas como a coivara, técnica que produz queimas da vegetação e gera gases do efeito estufa, sendo este, um dos maiores responsáveis pelo aumento da temperatura mundial que, acordo com dados do IPCC (2013), “a temperatura média da atmosfera aumentou em torno de 0,85°C, no período de 1880 a 2012”.

Diante destes fatos, é provável que o semiárido Nordestino tenha sua precipitação reduzida em 20% até 2040, com aumento de temperatura de até 1°C. Segundo o Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013), que indica que o Brasil deverá ficar ao menos 3°C mais quente até o fim do século, as precipitações aumentariam em 30% nas regiões Sul e Sudeste e diminuiriam em até 40% nas regiões Norte e Nordeste.

Dada a seriedade das mudanças climáticas para os seres vivos, a disponibilidade hídrica na Caatinga é variável no tempo e no espaço, “isso remete a consequência de mudança de clima e um alongamento da estação seca, podendo afetar a hidrologia e os ecossistemas da região” (MARENGO, 2014).

Sabendo que a água é um recurso limitante para o desenvolvimento dos biomas, principalmente para a caatinga, a sua disponibilidade é afetada por alguns fatores que impossibilitam o seu acúmulo na superfície. A situação se torna cada vez mais preocupante, pois temperaturas mais elevadas provocam aumento das taxas de evapotranspiração e diminuição de água nos solos (SCHMIDT; LIMA e JESUS, 2018).

Ainda segundo Schmidt, Lima e Jesus (2018), “para a projeção da metade do século XXI não deverá ocorrer reposição de água ao sistema, assim a deficiência hídrica tende a se tornar extremamente alta, o que poderá causar grandes modificações ou até mesmo extinção do bioma caatinga, mesmo esse sendo bastante resistente à falta de água durante longos períodos.

Com o propósito de estudo e, diante dessa projeção, este trabalho teve, por objetivo, analisar as variações das superfícies de águas do Bioma Caatinga no recorte temporal de trinta e seis anos na região Nordeste, entendendo que, a água como é a seiva do nosso planeta e condição essencial de vida para todas as populações faunísticas e florísticas existentes na terra.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa abordou a superfície de água disponível no bioma caatinga. A divisão geográfica dos biomas é de grande relevância tendo em vista a peculiaridade climatológica de cada um, que de acordo com o IBGE (2019), servem como referência para o estabelecimento de políticas públicas diferenciadas e para



o acompanhamento pela sociedade das ações implementadas, a caatinga está presente em nove estados do nordeste brasileiro Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Maranhão, Alagoas, Pernambuco, Sergipe e Bahia.

Coleta e análise dos dados

Foram utilizadas séries temporais anuais da área de superfície de água do bioma caatinga entre os anos de 1985 e 2020, os dados observados foram obtidas na base de dados do sistema de informações produzidas pelo MapBiomias (Coleção 1, mapbiomas águas versão 6.0).

Para a sistematização dos dados, obtidos do mapbiomas foram produzidas planilhas no Excel contendo as informações referentes a superfície de água do referido bioma durante toda a série temporal. Após essa etapa, realizou-se uma análise estatística utilizando o teste de Pettitt (1979) com o intuito de identificar se existe ocorrência de mudança abrupta nos dados ao longo dos anos, ou seja, um ponto de quebra na série histórica. O teste é adaptado do teste de Mann-Whitney U , N , que utiliza como referência o momento de quebra, a qual verifica se duas amostras, x_1 , x_t e x_{t+1}, \dots, x_N , são da mesma população ou não (BACK, 2001; ULIANA et al., 2015; SALEHI et al., 2019).

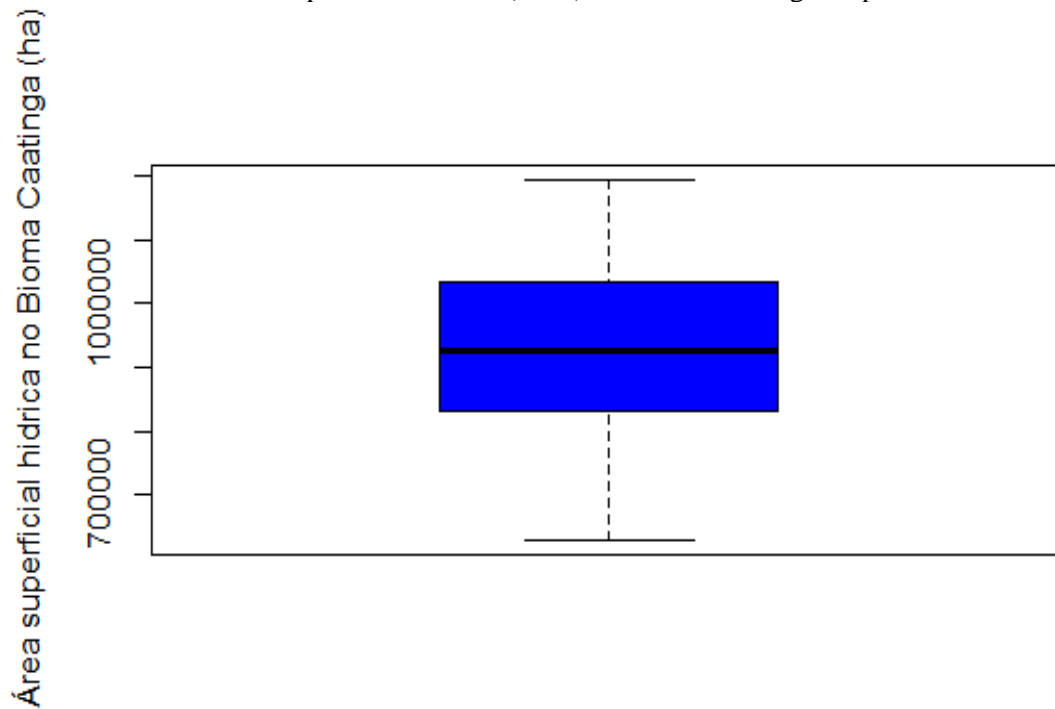
A hipótese nula (H_0) deste teste admite ausência de um ponto de mudança, porém, se a estatística $k(t)$ representa o ponto em que ocorreu uma mudança repentina na série temporal média, calculado por meio do valor máximo de (U , N) que está associado a um nível de significância, onde P é o nível de significância, K é o valor crítico e N é o número de anos da série temporal de precipitação (ULIANA et al., 2015).

O teste foi aplicado ao nível de significância de (0,05), o valor mais importante nesse teste é o T que representa o ponto de ruptura abrupta dos dados quando a ocorrência deste fator em uma série de dados. Assim como foi realizada uma análise descritiva e a previsão autorregressiva com método ARIMA, utilizando software Gretl 2018 e RStudio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da Figura 1, observa-se que no decorrer do tempo de 1985 a 2020, a média foi superior a 922 mil hectares de área superficial hídrica, com valores mínimos alcançando 629 mil hectares e máximo de 1,2 milhão de hectares, não foi observado valores atípicos, ou seja, não foi identificado outliers.

Figura 1 : Box Plot da Área Superficial Hídrica (ASH) no Bioma Caatinga no período de 1985 a 2020.



Fonte: Autores (2021)

Aplicando o teste de Pettitt (Tabela 1) foi observado que a hipótese nula (H_0) na qual não há mudanças bruscas na série, enquanto que na hipótese alternativa (H_a) em que em alguma data ocorreu alteração nos dados, sendo constatado que o p-valor calculado é menor que o nível de significância de 5%, rejeitando a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

Tabela 1: Análise dos dados através do Teste de Pettitt.

K	215,000
t	2011
p-valor (bilateral)	0,002
alfa	0,05

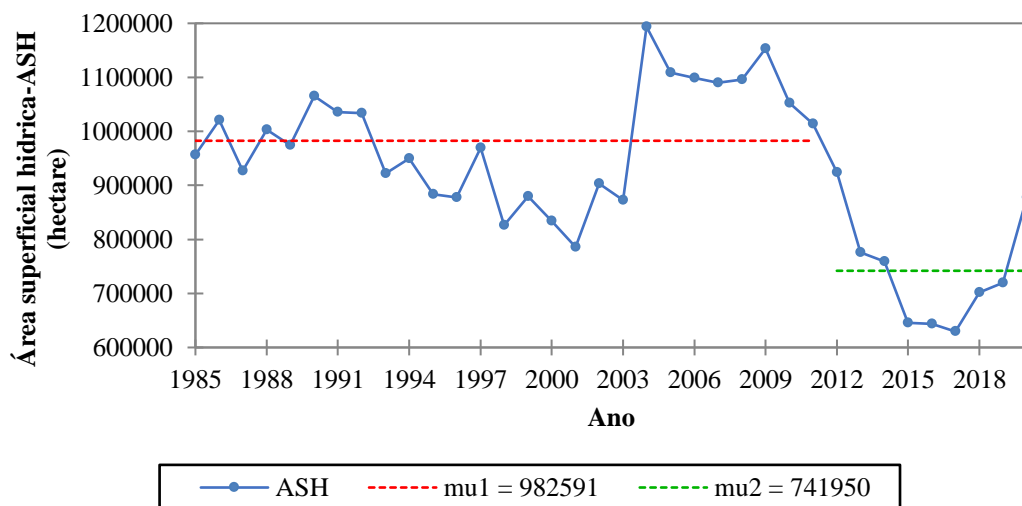
Fonte: Autores (2021)

Aplicando o teste de Pettitt (Tabela 1) foi observado que a hipótese nula (H_0) na qual não há mudanças bruscas na série, enquanto que na hipótese alternativa (H_a) em que em alguma data ocorreu alteração nos

dados, sendo constatado que o p-valor calculado é menor que o nível de significância de 5%, rejeitando a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

Através do teste de Pettit, na Figura 2, nota-se que no ano de 2011 houve uma quebra na tendência da série temporal, ou seja, ocorreu uma descontinuidade nessa série temporal. Observa-se que no ano de 2003 houve aumento nas áreas superficiais hídricas até o ano de 2009, com maiores índices no ano de 2004 e 2009, porém a partir de 2011, estes valores decaíram, sendo notório que o ano de 2017, foi o ano que houve menores valores de área superficial hídrica. O ano de 2020 a média da área superficial hídrica foi de 878 mil hectares, havendo uma melhora, mas ainda abaixo da média.

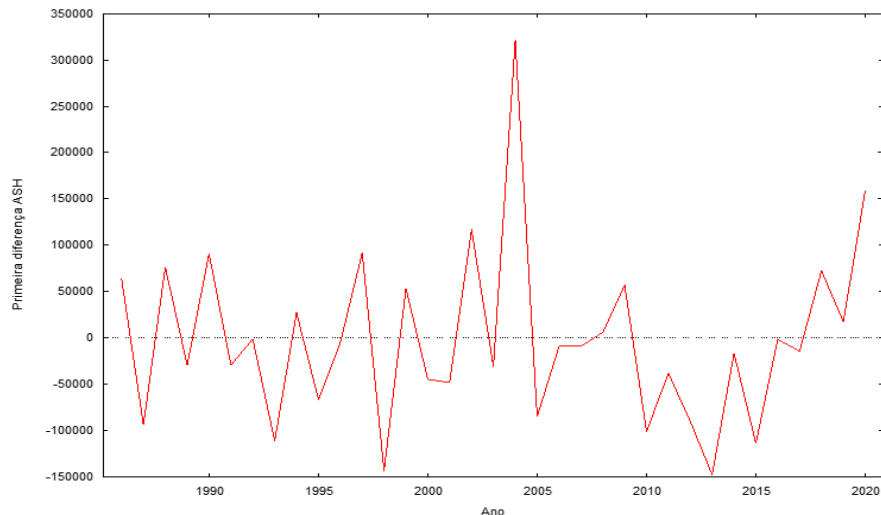
Figura 2: Resultado da análise de Pettit, em relação a área superficial hídrica no Bioma Caatinga no período de 1985 a 2020.



Fonte: Autores (2021)

Santos e Santana (2020) realizaram um estudo sobre os impactos da seca na região semiárida nos anos de 2012 a 2017 e ao observarem o histórico de secas, constataram que as atividades realizadas para reduzir os seus danos não foram suficientes e nem eficazes para um longo período, sendo considerava medidas imediatas. Assim nota-se que a redução das áreas superficiais hídricas no Bioma Caatinga, Figura 2, ocorreram em detrimento dos períodos de secas, afetando diretamente os reservatórios hídricos sem a reposição de águas e elevada taxa de evaporação. Aplicando o teste de Dickey-Fuller (ADF) aumentado para os dados sem diferenciação foi observado tendência, assim foi realizado a segunda diferença e reaplicando o teste ADF sem e com constante o p-valor foi menor que 5%, considerando assim a série estacionária, como pode ser verificado na Figura 3.

Figura 3: Resultado da primeira diferença da área superficial hídrica no Bioma Caatinga no período de 1985 a 2020.



Fonte: Autores (2021)

Para analisar a normalidade dos dados foram observados alguns testes, como pode ser observado na Tabela 2. Assim como os testes deram não significativo estatisticamente, pode-se afirmar que os dados são normais.

Tabela 2: Tipos de teste de normalidade dos dados da área superficial hídrica no Bioma Caatinga no período analisado.

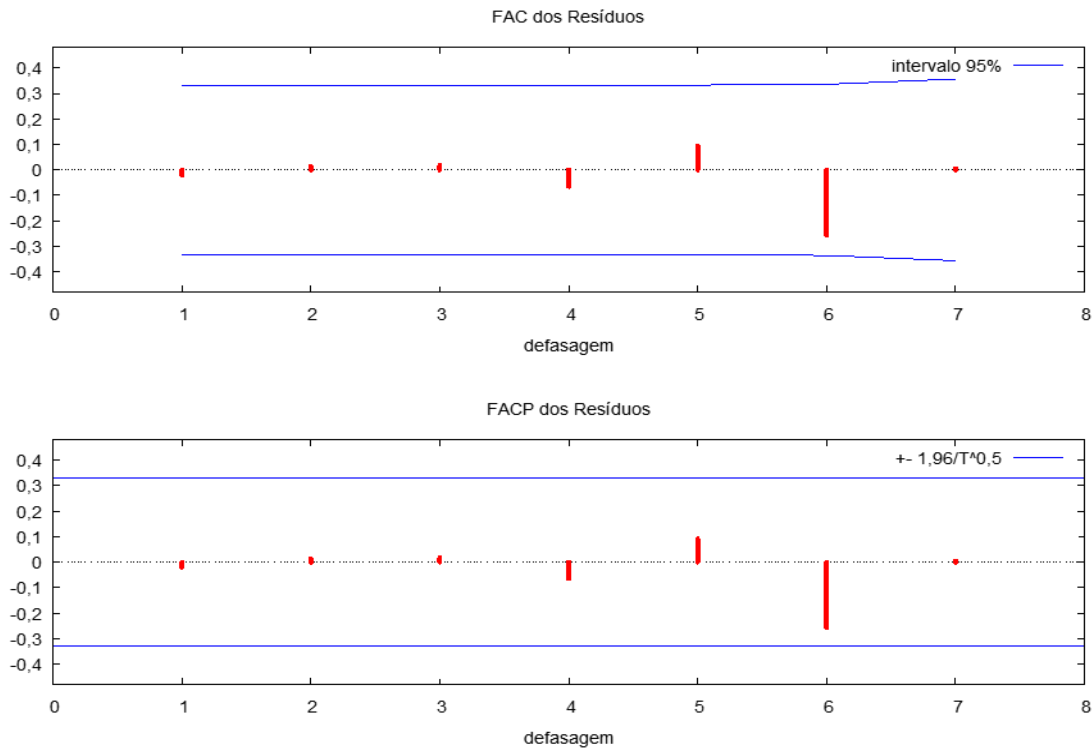
Tipo de teste	p-valor
Doornik-Hansen	0,18 ^{ns*}
Shapiro-Wilk	0,64 ^{ns}
Lilliefors	0,89 ^{ns}
Jarque-Bera	0,57 ^{ns}

*ns=não significativo

Fonte: Autores (2021)

Foi realizado análise e alguns modelos de previsão ARIMA, sendo o escolhido o (1,1,2), com efeito significativo, foi observado que no teste de normalidade dos resíduos, foi obtido distribuição normal, efeito ARCH não presente e sem autocorrelação, como verifica-se na Figura 5. Nota-se no correlograma que os resíduos estão contidos no tracejado azul, assim eles não têm auto correlação, se houvesse autocorrelação o modelo teria que ser ajustado. A composição do modelo teve como base o Critério de Informação Akaike (AIC), semelhante ao abordado por Albuquerque et al. (2020) e Caixeta, Menezes e Fonseca (2021).

Figura 5: Correlograma das funções de autocorrelação amostral (FAC) e funções de autocorrelação amostral (FACP) em nível para os resíduos do modelo (1,1,2) dos dados da área superficial hídrica no Bioma Caatinga no período de 1985 a 2020.

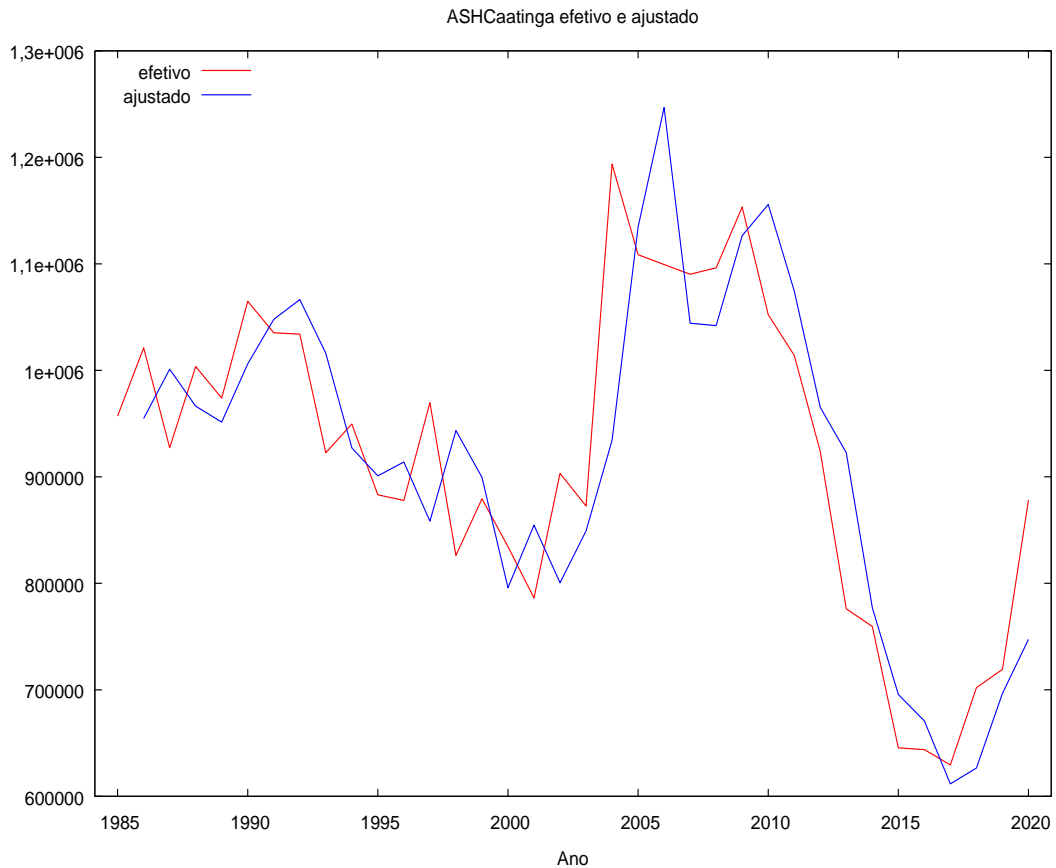


Fonte: Autores (2021)

Em pesquisa realizada por Caixeta, Menezes e Fonseca (2021) ao realizarem previsão de vazões do Rio Paranaíba, obtiveram resultados semelhantes em relação ao correlograma com defasagens próximas de zero, com maior valor de 0,2, sendo um indicativo de modelo bem ajustado. Assim avaliando os resíduos pode-se validar o modelo escolhido e realizar a previsão.

Para escolher o modelo adequado, Box et al. (2016) relatam que é fundamental verificar o correlograma das séries observando o FAC e FACP. Na Figura 6 nota-se que a série temporal da área de superfície hídrica efetiva versus o ajustado realizado pelo modelo aplicado, é detectado um ajuste adequado do modelo, corroborando com os resultados residuais, contudo fica evidente que em épocas de redução hídrica o modelo superestima as ASH. Resultados semelhantes foram obtidos por Caixeta, Menezes e Fonseca (2021) em relação ao período de estiagem.

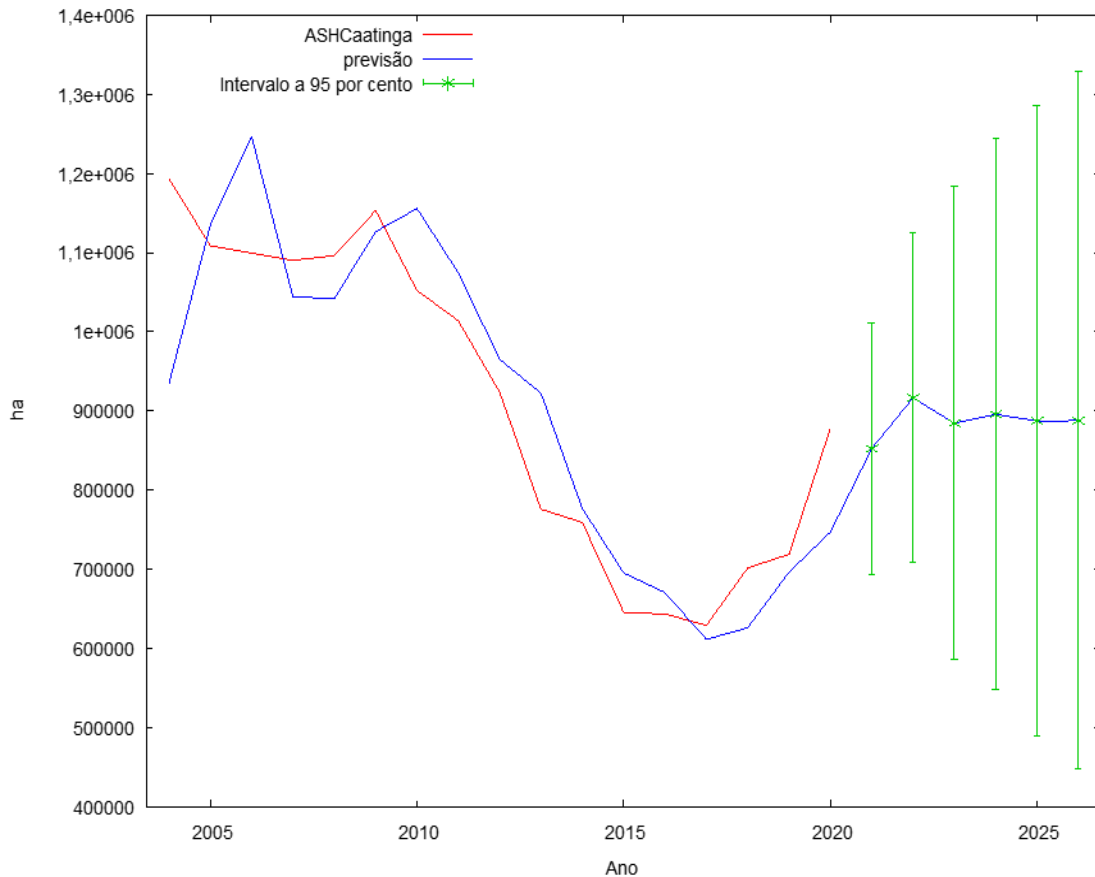
Figura 6: Valores observados e ajustados da área de superfície hídrica no Bioma Caatinga do modelo ARIMA.



Fonte: Autores (2021)

De acordo com a Figura 7, observa-se que para os anos de 2021 a 2026 a previsão é que as áreas superficiais hídricas no Bioma Caatinga tenha acréscimos significativos quando comparado com os últimos 5 anos e depois há uma estabilidade, podendo estes valores oscilarem dentro do intervalo de confiança. O ano de 2022 foi estimado valor de 916,77 mil hectare de ASH e para os demais anos da previsão os valores foram superiores ao ano de 2023 com previsão de 884,5mil hectares de ASH, Figura 7, assim observa-se que nos próximos anos haverá uma probabilidade de índices pluviométricos melhores possibilitando o armazenamento de água nos reservatórios hídricos, elevando a área das superfícies hídricas nessa Caatinga.

Figura 7: Valores previstos para os anos de 2021 a 2026 da área de superfície hídrica no Bioma Caatinga de acordo com o modelo ARIMA.



Fonte: Autores (2021)

As épocas de secas influenciam diretamente na quantidade armazenada nos reservatórios hídricos, de acordo com Santos e Santana (2020) houve redução nas atividades produtivas, principalmente referentes ao da agricultura familiar, como por exemplo o milho teve declínio superior de 50% nos anos de 2011 e 2012, com melhoria observada a partir do ano de 2017, foi um ano que houve acréscimos as áreas superficiais de água, como observa-se na Figura 7, com maior disponibilidade hídrica dos reservatórios.

CONCLUSÃO

No período de 1985 a 2020 houve um período de redução drástica nas áreas superficiais hídricas no Bioma Caatinga, com decréscimos desde o ano de 2010 até 2017, com acréscimos a partir do ano de 2018, porem inferior à média analisada nesse período.



Os anos com menores áreas de superfície hídrica está relacionado com o período de estiagens que ocorrem com frequência nessa região, afetando toda cadeia produtiva, como forma de ação mitigadora para este problema deve-se investir prioritariamente em culturas que demandem uma quantidade de água menor, como também o investimento em pesquisa para que possibilite encontrar possíveis ações e tecnologias que mitiguem tais impactos.

A previsão para os anos de 2021 a 2026 é que haverá aumento nas áreas superficiais hídricas com valores acima de 800 mil hectares, porém apenas o ano de 2023 foi de 916 mil hectares de ASH, mas os anos previstos ainda possuem valores abaixo da média de 922 mil hectares de ASH.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R. C.; OLINDA, R. A.; CUNHA, A. L. X.; TAVARES, R. G.; ARRUDA, V. C. M; CUNHA FILHO, M. Aplicação da metodologia Box e Jenkins em dados de precipitação na região do sertão do estado de Pernambuco-Brasil. **Revista Geama**, v.6, n.1, p.25-30, 2020.

BACK, A.J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, n.5, p.717-726, 2001.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C.; LJUNG, G. M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 5 ed. Wiley, 2016.

CAIXETA, L. T.; MENEZES FILHO, F. C. M.; FONSECA, V. L. A. Modelagem e previsão de vazões médias mensais do Rio Paranaíba utilizando o modelo SARIMA. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.3, p.255-267, 2021.

DECLARAÇÃO DA CAATINGA, 2012. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/newsletter/cartadacaatinga-rio20.pdf>

FREIRE, N. C. F.; MOURA, D. C.; SILVA, J. B.; PACHECO, A. P. Mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no bioma caatinga. **Brazilian Journal of Development, Curitiba**, v. 6, n. 5, p. 24773-24781, 2020.

IBGE- Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil : compatível com a escala 1:250 000 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro : IBGE, 2019. 168 p. - (Relatórios metodológicos, ISSN 0101-2843 ; v. 45). Bibliografia: p. 125-138. ISBN 978-85-240-4510-3.

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change. Calentamiento global de 1,5°C. Resumen para responsables de políticas. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 32p, 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf. Acessado em: 20/11/2021.

MapBiomas. 2020. A dinâmica da superfície de água do território brasileiro, 16 páginas. Disponível em: mapbiomas.org. Acesso em: setembro de 2021.



MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil. Revista USP, nº103, 25-32p, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99280/97696>. Acessado em: 20/11/2021.

MENDES, S. M. Impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica no Bioma Caatinga. Dissertação (Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 93p. Recife, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/16621/1/IMPACTO%20DAS%20MUDAN%20c3%87AS%20CLIM%20c3%81TICAS%20NA%20DISPONIBILIDADE%20H%20c3%8dDRICA%20NO%20BIOMA%20CAATINGA.pdf>. Acessado em: 20/11/2021.

MOURA, F.B.P.; MENDES MALHADO, A.C.; LADLE, R.J. Nursing the caatinga back to health. **Journal Arid Environment**, v. 90, p. 67-68, 2013.

MUTTI, P.R.; SILVA, L.L.; MEDEIROS, S.D.S.; DUBREUIL, V.; MENDES, K.R.; MARQUES, T.V.; LÚCIO, P.S.; SANTOS, C.M.; SILVA, E.; BEZERRA, B.G. Basin Scale Rainfall-Evapotranspiration Dynamics in a Tropical Semiarid Environment during Dry and Wet Years. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 75, p. 29-43, 2019.

PAGOTO, M.A.; ROIG, F.A.; RIBEIRO, A.S.; LISI, C.S. Influence of regional rainfall and Atlantic sea surface temperature on tree-ring growth of Poincianella pyramidalis, semiarid forest from Brazil. **Dendrochronologia**, v. 35, n. 1, p. 14-23, 2015.

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo GT1. PBMC, Rio de Janeiro, 2013.

PETTITT, A.N.A. Non-parametric approach to the change-point problem. **Applied Statistics**, v.28, n.2, p.126-135, 1979.

SALEHI, S.; DEGHANI, M.; MORTAZAVI, S.M.; SINGH, V.P. Trend analysis and change point detection of seasonal and annual precipitation in Iran. **International Journal of Climatology**, v.40, n.1, p.308-323, 2019.

SANTANA, A. S. de; SANTOS, G. R. dos. Impactos da seca de 2012-2017 na região semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. Boletim Regional, Urbano e Ambiental, Rio de Janeiro: Ipea, n. 22, 2020.

SCHMIDT, D. M.; LIMA, K. C. e JESUS, E. S. Variabilidade Climática da Disponibilidade Hídrica na Região Semiárida do Estado do Rio Grande do Norte. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - v.41, n.3, p.483-491, 2018.

ULIANA, E.M.; SILVA, D.D.; ULIANA, E.M., RODRIGUES, B.S. & PAULA CORRÊDO, L.P. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: Uso de teste estatístico não paramétrico. **Revista Ambiente e Água**, v.10, n.1, p.82-88, 2015.