



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL



LAIZE ELOY TEIXEIRA

**COMPORTAMENTO DAS SÉRIES HIDROLÓGICAS E MUDANÇAS NO USO E
COBERTURA DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE CONTAS,
BAHIA**

São Cristóvão - SE

2023

LAIZE ELOY TEIXEIRA

**COMPORTAMENTO DAS SÉRIES HIDROLÓGICAS E MUDANÇAS NO USO E
COBERTURA DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE CONTAS,
BAHIA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção.

Linha de pesquisa: Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Ludmilson Abritta Mendes.

São Cristóvão - SE

2023

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE MESTRADO

LAIZE ELOY TEIXEIRA

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE EM 23 DE FEVEREIRO DE 2023

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ludmilson Abritta Mendes

Orientador (PROEC/UFS)

Prof. Dr. Alcigeimes Batista Celeste

1ª Examinador

Examinador interno (PROEC/ UFS)

Prof. Dr. Erwin Henrique Menezes Schneider

2º Examinador

Examinador externo (FANESE)

“Só você determina suas limitações, por isso não desista mesmo que tudo pareça perdido, tenha coragem”

Autor desconhecido.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me guiado até este momento e sempre estar atento as minhas orações todas as vezes que precisei.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ludmilson pela confiança, orientação e por abrir novos horizontes na minha caminhada acadêmica. Sou grata por acreditar em mim e pelo apoio prestado.

A minha gratidão eterna ofereço aos meus pais, minha mãe Fátima pelo seu amor imensurável e que mesmo diante das dificuldades nunca poupou esforços para me oferecer uma educação, e meu pai Luiz pelos conselhos para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Ao meu marido por ter me incentivado e acreditado em mim, pela presença e momentos felizes proporcionados.

Ao meu filho por ser a maior benção da minha vida.

Ao meu irmão e meu afilhado Luiz Gabriel por terem sido muito importantes na minha caminhada.

Aos meus amigos que de alguma forma contribuíram nessa etapa da minha vida por meio de conselhos e incentivos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio a esta pesquisa através da bolsa de estudos prestada.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram na realização deste sonho!

TEIXEIRA, L. E. **Comportamento das séries hidrológicas e mudanças no uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio de Contas, Bahia.** 2023. Defesa (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 91p.

RESUMO

As notícias que percorrem mundialmente demonstram que os países, até mesmo aqueles desenvolvidos, não estão conseguindo conter as enchentes, inundações e incêndios. No Brasil, as chuvas têm provocado tragédias em algumas regiões, a exemplo da Bahia, onde várias cidades estão sendo afetadas, outrora a seca em algumas regiões se destacou. Por esse ângulo, este trabalho tem como finalidade avaliar o impacto das precipitações e do uso e ocupação do solo nas vazões da bacia do rio de Contas que é totalmente localizado no estado da Bahia. Para isso, foi utilizado o MapBiomas, tecnologia com o propósito de mapear anualmente a cobertura e uso da terra e monitorar as mudanças do território, a fim de identificar o comportamento das classes: agropecuária, não vegetada, corpos d'água e floresta na bacia. Por conseguinte, avaliou-se o comportamento hidrológico através da precipitação anual, precipitação máxima mensal anual, precipitação do trimestre mais úmido e mais seco. Na estação fluviométrica foram analisadas as séries históricas de vazão média anual, da vazão mínima de quinze dias e da vazão máxima anual e curva de permanência. Para o alcance dos resultados, foram calculados o coeficiente de escoamento e evapotranspiração. Adicionalmente, para análise de tendência das séries hidrológicas, utilizaram-se os testes de Mann-Kendall e Pettitt. Além disso, foram examinadas as demandas hidrológicas consuntivas conforme dados coletados no Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA e realizaram-se correlações. Analisou a evolução temporal da cobertura e uso do solo, o comportamento na vazão, com o intuito de desenvolver algumas considerações acerca do fenômeno estudado. Logo, infere-se que, alicerçado nessas avaliações foi possível reconhecer algumas singularidades na área da bacia, tais como: mapeamento de uso e cobertura do solo que não houve alteração significativa, a cobertura florestal teve um pequeno aumento no período estudado; a chuva anual permanece estacionária, a chuva do trimestre seco tem uma diminuição significativa e a do úmido permanece estacionária, essa conjuntura pode levar a um aumento da solicitação de outorgas visto que no trimestre seco não poderá ser atendida por captações superficiais. Na vazão média ocorreu uma tendência de diminuição que pode ser devido à diminuição significativa da vazão mínima, a diminuição da vazão não foi suficiente para provocar uma redução relevante no coeficiente de escoamento. A vazão mínima zerou no ano de 1987, sendo assim o rio começou a ser intermitente. Ao passar dos anos vem ocorrendo um aumento na demanda hídrica da bacia, em relação as demandas de outorgas superficiais vigentes, dentre elas destaca-se o consumo humano e abastecimento público. A vazão média anual outorgada na área ultrapassa o valor da vazão de permanência. Entretanto, a curto prazo, se o comportamento das outorgas continuar como estar o rio pode secar, enquanto as precipitações podem manter-se com redução.

Palavras-chave: Rio intermitente; Disponibilidade hídrica; Uso do solo; Outorgas.

TEIXEIRA, L. E. **Comportamento das séries hidrológicas e mudanças no uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio de Contas, Bahia.** 2023. Defesa (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 91p.

ABSTRACT

The news circulating around the world shows that countries, even developed ones, are not able to contain floods, floods, and fires. In Brazil, rains have caused tragedies in some regions, such as Bahia, where several cities are being affected, while droughts have stood out in other regions. From this perspective, this work aims to evaluate the impact of precipitation and land use and occupation on the flows of the Contas river basin, which is entirely located in the state of Bahia. For this purpose, MapBiomas was used, a technology aimed at annually mapping land cover and use and monitoring changes in the territory in order to identify the behavior of the following classes: agricultural, non-vegetated, water bodies, and forest in the basin. Therefore, the hydrological behavior was evaluated through annual precipitation, maximum monthly annual precipitation, precipitation in the wettest and driest quarters. At the hydrometric station, historical series of annual average flow, minimum flow of fifteen days, maximum annual flow, and permanence curve were analyzed. To achieve the results, the runoff coefficient and evapotranspiration were calculated. Additionally, for the analysis of trend in the hydrological series, the Mann-Kendall and Pettitt tests were used. Furthermore, consumptive hydrological demands were examined according to data collected through the Institute of the Environment and Water Resources - INEMA, and correlations were performed. By analyzing the temporal evolution of land cover and use, the behavior in flow was observed in order to develop some considerations about the studied phenomenon. Thus, it is inferred that, based on these evaluations, it was possible to recognize some singularities in the basin area, such as: land use and cover mapping that did not have a significant alteration, forest cover had a small increase in the studied period; annual rainfall remains stationary, dry quarter rainfall has a significant decrease, and wet quarter rainfall remains stationary. This situation may lead to an increase in the request for permits, since surface water withdrawals cannot be met during the dry quarter. There was a trend of decrease in Q_{mean} , which may be due to the significant decrease in Q_{15} , and the decrease in flow was not enough to cause a relevant reduction in the runoff coefficient. The minimum flow reached zero in 1987, thus, the river became intermittent. Over the years, there has been an increase in the water demand of the basin, regarding the existing surface water withdrawals, among which human consumption and public water supply stand out. The annual average flow granted in the area exceeds the value of Q_{90} . However, in the short term, if the behavior of the permits continues as it is, the river may dry up, while precipitation may continue to decrease.

Keywords: Intermittent river; Water availability; Land use; Permits.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fluxograma metodológico	32
Figura 2. Localização da BHRC.	33
Figura 3. Área de estudo localizada no polígono da seca	35
Figura 4. Localização da área e influência do posto fluviométrico.....	37
Figura 5. Característica da área de estudo.....	46
Figura 6. Uso do solo, bacia do rio de Contas: A) 2015; B) 2005; C) 1995; D) 1985.	48
Figura 7. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 1985.....	49
Figura 8. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 1995.....	49
Figura 9. Uso e cobertura da terra na área de estudo para o ano de 2005.	50
Figura 10. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 2010.....	50
Figura 11. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 2015.....	51
Figura 12. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 2020.....	51
Figura 13. Área de influência das estações pluviométricas.....	54
Figura 14. Precipitação anual na área de estudo.	55
Figura 15. Precipitação do trimestre úmido da área de estudo.....	56
Figura 16. Precipitação do trimestre seco da área de estudo.	56
Figura 17. Vazão média anual.....	57
Figura 18. Vazão máxima diária anual da área de estudo.	57
Figura 19. Vazão mínima da área de estudo.	58
Figura 20. Curva de permanência contínua da área de estudo.	59
Figura 21. Relação chuva vazão média.....	60
Figura 22. Coeficiente de escoamento da área de estudo.....	60
Figura 23. Evapotranspiração da área de estudo.	61
Figura 24. Pontos de outorgas superficiais e subterrâneas da área de estudo.	66
Figura 25. Outorga superficial vigente.....	67
Figura 26. Distribuição percentual das outorgas emitidas em termos de vazão.....	68
Figura 27. Correlação entre vazão média anual e coeficiente de escoamento.	69
Figura 28. Correlação entre vazão mínima de 15 dias e coeficiente de escoamento.	69
Figura 29. Correlação entre vazão máxima e coeficiente de escoamento.....	70
Figura 30. Correlação entre chuva de trimestre seco e vazão mínima.	71
Figura 31. Correlação entre chuva do trimestre úmido e vazão mínima.....	72
Figura 32. Correlação chuva do trimestre úmido e vazão máxima.	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Instrumento de planejamento e controle	21
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Postos pluviométricos da área de drenagem.....	37
Tabela 2 Estação fluviométrica utilizada no estudo.....	38
Tabela 3. Uso e ocupação do solo na área de estudo ao longo dos anos.....	52
Tabela 4. Postos de chuva utilizados.....	53
Tabela 5. Testes de Pettitt.	62
Tabela 6. Resultados do teste de Mann-Kendall e a indicação da tendência como crescente (▲) ou decrescente (▼).....	63
Tabela 7. Resultados do teste de Mann-Kendall por subamostra e a indicação da tendência como crescente (▲) ou decrescente (▼).	64
Tabela 8. Valor da Q_{90} para as duas subamostras.	65

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO

ATN - ATLÂNTICO TROPICAL NORTE

ATS - ATLÂNTICO TROPICAL SUL

APPS - ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES

AVG - ALTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

BHRC - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE CONTAS

CBH - COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICAS

DPA - DIPOLO POSITIVO DO ATLÂNTICO

ERTS - EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE

ENOS - EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL

EN - EL NIÑO

GEE - GOOGLE EARTH ENGINE

INEMA - INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

IPCC - PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

LANDSAT - LAND REMOTING SENSING SATELLITE

LN - LA NIÑA

MAPBIOMAS - MAPEAMENTO ANUAL DA COBERTURA E USO DO SOLO NO
BRASIL

NASA - NACIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION

OLI - OPERACIONAL LAND IMAGER

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

ODS - OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

PERH - POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

PNRH - POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

PNM - PRESSÃO AO NÍVEL MÉDIO DO MAR

QGIS - QUANTUM GIS

RPGA - REGIÃO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ÁGUAS

SIG - SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

SINGREH - SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS
HÍDRICOS

SWAT - SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL

TSM - TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

TM - THEMATIC MAPPER

ZCIT - ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL

HIDROWEB - SISTEMA DE INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS

SEIRH - PROHIDROS SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES SOBRE
RECURSOS HÍDRICOS

SEIA - SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS E DE RECURSOS
HÍDRICOS

SIGO - SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE CONTROLE DE OUTORGA

SUMÁRIO

RESUMO	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE QUADROS	IX
LISTA DE TABELASX
SUMÁRIO	XII
1 INTRODUÇÃO	14
1.2 Justificativa e Motivação.....	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 Geral.....	18
2.2 Objetivo Específicos	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 Sistema de Gestão de Recursos Hídricos	19
3.1.1 Gestão de recursos hídricos no Brasil	20
3.1.2 Gestão de recursos hídricos na Bahia.....	22
3.2 Influência dos Fatores Climáticos na Precipitação de uma Bacia Hidrográfica.....	23
3.3 Efeito da Modificação do Uso do Solo Sobre o Regime Fluviométrico	24
3.3.1 Impacto da alteração da cobertura vegetal sobre a vazão.....	25
3.4 Mapeamento das Classes de Uso do Solo	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Bacia Hidrográfica do Rio de Contas.....	32
4.2 Cobertura e Uso do Solo	35
4.3 Obtenção e Tratamento da Base de Dados Hidrológicos.....	36
4.3.1 Análise hidrológica	39
4.4 Análise de Tendência das Séries Históricas	40
4.4.1 Teste de Mann-Kendall	41
4.4.2 Teste de Pettitt.....	42
4.5 Demandas Hídrica Consuntivas	43
4.6 Análise da Influência na Alteração do Uso e Ocupação do Solo na Vazão	44
4.7 Relação Chuva-Vazão	45
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	46
5.1 Bacia Hidrográfica do Rio de Contas.....	46
5.1.1 Caracterização da área de estudo.....	46
5.2 Evolução Temporal da Cobertura e Uso do Solo	47
5.2.1 Cobertura e uso do solo da bacia do rio de Contas.....	47

5.2.2	Cobertura e uso do solo da área de estudo	48
5.3	Dados Hidrológicos da Área de Estudo	53
5.4	Análise de Tendência das Séries	62
5.5	Demandas Hídrica Consuntivas	65
5.5.1	Correlações.....	68
6	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Conforme o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), as últimas manchetes relacionadas a eventos climáticos extremos estão sobrelevando-se na mídia, em função das inundações, incêndios e enchentes, visto que até mesmo os países mais ricos do mundo estão sujeitos a esses fenômenos, tais como: Alemanha e Bélgica, com inundações em julho de 2021; o Ártico com derretimento de gelo marinho entre junho e julho de 2021; o aumento da temperatura no noroeste dos Estados Unidos, que é conhecido por seu clima frio; e diversas enchentes na China (IPCC, 2021).

É importante salientar que todas essas mudanças estão acontecendo com o aquecimento médio de apenas 1,1°C em relação aos níveis pré-industriais e, provavelmente, o mundo atingirá ou excederá 1,5 °C de aquecimento nas próximas duas décadas (IPCC, 2021), o que poderá desenvolver efeitos ainda mais deletérios em escala mundial.

No Brasil, as máximas de chuvas, que aconteceram em algumas regiões desde o início de novembro de 2021, provocaram tragédias em grande escala. Sobre isso, a BBC News Brasil (2021) ratificou que grande parte da população do estado da Bahia foi afetada devido às enchentes ocorridas no estado, a exemplo das cidades de Ilhéus, Itabuna e Vitória da Conquista, nas quais em poucas horas foram registrados temporais concentrados e chuvas que atingiram a marca de 86,8 mm, muito acima do habitual para o mesmo período de anos anteriores. Com isso, os especialistas acreditam que o fenômeno La Niña, a depressão subtropical e o aquecimento global são fatores que podem ser associados à alta intensidade das chuvas no estado.

É notório que as mudanças climáticas atreladas com às atividades antrópicas estão alterando o ciclo hidrológico, que impulsionam, na maioria das vezes, os eventos hidroclimáticos extremos, tais como as secas e enchentes, que vêm ocorrendo com maiores frequências e severidades (LIU et al., 2017; GUPTA; JAIN, 2018;). Assim, nas últimas décadas, as investigações científicas sobre as possíveis tendências regionais, continentais e alterações hidroclimáticas vêm ganhando destaque em todo o mundo, uma vez que esses estudos são de extrema importância para o gerenciamento e manejo eficaz dos recursos hídricos, que são operados com a hipótese de estacionariedade, ou seja, da não ocorrência de mudanças significativas nas séries de dados hidrológicos ao longo do tempo (VILLARINI

et al., 2011; JIANG et al., 2015; VERDON-KIDD; KIEM, 2015).

Nesse sentido, a influência das alterações climáticas, ações antrópicas e, especialmente, as alterações no uso e cobertura do solo em áreas de bacias hidrográficas interferem o regime das vazões apresentando deformações (VILLARINI et al., 2011).

Nas bacias hidrográficas, a redução na cobertura vegetal tende a resultar em um aumento do escoamento superficial, o que favorece a ocorrência de maiores vazões máximas, devido à redução da infiltração da água no solo, estando ainda o aumento do escoamento intimamente ligado à diminuição das vazões mínimas (BAYER, 2014; KHANNA et al., 2017). Outros trabalhos também constataram que as modificações na cobertura vegetal influenciam diretamente também na evapotranspiração, infiltração, e qualidade da água das bacias hidrográficas (COSTA et al., 2003; FOLEY et al., 2005; VANZELA et al., 2010; DIAS et al., 2015; ARAÚJO; SOUZA-FILHO et al., 2016; SOUZA et al., 2017; FISTAROL, SANTOS, 2020; CUNHA, 2020; FINGER et al., 2021).

Ademais, a expansão dos usos da água, como pastagens e irrigação em áreas de bacias rurais, é outro inconveniente associado com as mudanças no uso e cobertura da terra. É perceptível que, nas últimas décadas, a agropecuária cresceu tendo como principal atividade as pastagens. Todavia, desde 2005 elas vêm encolhendo, conforme análise feita no MapBiomas, que é uma iniciativa do observatório do clima com o propósito de monitorar as mudanças do território e mapear anualmente a cobertura e uso da terra do Brasil (FORBES, 2021). Como consequência dessas e outras atividades, a remoção das áreas de vegetação ciliar, que é fundamental para a proteção dos recursos hídricos, contribui com a ação dos processos erosivos (ABRÃO; KUERTEN, 2016).

Junto com a necessidade de monitorar esses recursos naturais, o sensoriamento remoto apresenta-se como uma ferramenta eficaz, dada a extensa cobertura espacial e a capacidade de frequentes revisitas dos sensores de observação em locais desejados (ZHANG et al., 2019). Segundo Oliveira (1993), a principal vantagem do sensoriamento remoto é a possibilidade da observação de vastas áreas da Terra a partir de plataformas orbitais, diminuindo o tempo e o custo da obtenção de dados. Hernandez et al. (2020) ressaltam que, alicerçado na utilização de imagens remotamente sensoriadas, derivadas de satélites Landsat, é possível produzir mapas de uso da terra e avaliação das possíveis áreas de expansão da produção de agricultura no Brasil.

Visando detectar tanto as modificações no uso e cobertura da terra, como o comportamento das series hidrológicas no território da Bahia, esse estudo toma como base

a maior bacia hidrográfica de rio inteiramente estadual, a bacia do rio de Contas na Bahia. A atividade econômica predominante na bacia é a agropecuária, que ocupa 64% da população economicamente ativa da região. Por sua vez, a atividade da agricultura irrigada transcorre em aproximadamente 50% dos municípios da bacia, demonstrando potencial para o desenvolvimento, resultante da qualidade dos solos, disponibilidades hídricas, e, principalmente, devido à própria tradição já existente na região (SRH, 1993).

De acordo com a ANA (2012), a maior bacia hidrográfica da Bahia encontrava-se, em maio de 2012, em situação crítica em função da seca prolongada, na sua porção média, deixando 35 mil pessoas em situação precária. Em novembro de 2020, o reservatório da Usina da Pedra localizado a 18 km a montante da cidade de Jequié atingiu um armazenamento de 63,96% de seu volume útil, com vazão defluente de 20 m³/s e afluente de 12 m³/s (acima da média histórica para o referido período), o que denotava um bom início de período úmido (CHESF, 2020).

Em virtude das condições de escassez do recurso hídrico em alguns municípios, foi autorizada, em maio de 2021, a licitação de um novo sistema integrado de abastecimento que atenderá os municípios de Jaguaquara, Itaquara, Irajuba, Itiruçu, Lafaiete Coutinho, Lagedo do Tabocal, Maracás e Planaltino, com a água do rio Paraguaçu em função da sua maior disponibilidade hídrica, de forma a ajudar a população que é atendida pelo rio de Contas (EMBASA, 2021).

1.2 Justificativa e Motivação

Esta pesquisa fundamenta-se na análise de dados pluviométricos, fluviométricos e no uso da técnica de geoprocessamento capaz de sintetizar as fragilidades ambientais. Na bacia do rio de Contas, escolhida como área de estudo, pelos seguintes motivos:

a) Alguns municípios inseridos na bacia apresentam ineficiência (crise) no abastecimento de água para a população.

b) Possui elevada importância econômica, social e ambiental para o estado da Bahia.

Dessa forma, com base na realidade do estado da Bahia e tendo em vista a importância da bacia do rio de Contas, o estudo buscará compreender como as mudanças no uso e cobertura da bacia se relacionam com as vazões, posto que as águas que vertem na bacia abastecem não somente os centros urbanos, como também a agricultura e pecuária da região. De tal modo, esse estudo poderá contribuir com a gestão ambiental em municípios,

a fim de perceber as principais consequências e mitigar os impactos negativos causados tanto ao meio ambiente quanto à qualidade de vida da população.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o impacto das precipitações e do uso e ocupação do solo nas vazões da bacia do Rio de Contas, localizada no estado da Bahia.

2.2 Objetivo Específicos

- Verificar o comportamento das variáveis hidrológicas relacionadas à precipitação e à vazão na bacia;
- Realizar o mapeamento de uso e cobertura do solo na bacia e identificar a dinâmica de alteração de cada classe;
- Avaliar os impactos causados pela alteração do uso do solo e das precipitações nas vazões da bacia;
- Analisar a evolução das demandas hídricas consuntivas na bacia.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sistema de Gestão de Recursos Hídricos

Devido às suas características físicas e químicas, a água é um elemento essencial para a sobrevivência da biosfera. Casarin e Santos (2011) afirmam que do total de água existente no planeta Terra cerca de 97,5% é salgada e 2,5% é doce. A distribuição dessa água doce ocorre da seguinte forma: 68,9% calotas polares e geleiras (congeladas); 29,9% água subterrânea; 0,9% outros reservatórios (atmosfera, pântanos); 0,3% rios e lagos.

Uma das condições para o estabelecimento de populações em um determinado território, nos tempos em que as comunidades humanas passaram a se tornar sedentárias, foi a disponibilidade de fontes de água de fácil acesso não só para o consumo básico, mas também para atividades econômicas e de subsistência, como a agricultura (VIEIRA, 2018).

Em resposta ao crescimento populacional associado com a falta de planejamento urbano nas cidades, houve o aumento indiscriminado do uso e consumo da água, que com o passar do tempo desenvolveu problemas relacionados com a sua escassez, obrigando os países a formularem normas internacionais a fim de proteger os cursos d'água e proceder a gestão adequada (BANDEIRA, 2018).

A título de exemplo, Portugal apresenta um histórico de legislações pertencentes aos recursos hídricos que resultou em um sistema de gestão completo, tendo como base a Lei da água 58/2005, a qual determina que os planos de gestão sejam elaborados de forma integrada, e que as agências de recursos hídricos tenham autonomia para administrar sua região, elaborar os planos, emitir títulos de utilização e analisar as características decorrentes da área de atuação da bacia (PARENTE, 2019).

Ainda assim, os problemas associados com a gestão dos recursos hídricos repercutem no cenário mundial. A China é um dos países que contém um volume expressivo de água em seu território, no entanto apresenta crise hídrica que pode estar atrelada com o seu depósito em grande parte, na região sul do país, desenvolvendo secas profundas na região norte (RIBEIRO; ROLIM, 2017), além da contaminação do solo, da água e do ar, provocada pelas atividades agrícolas e indústrias (MARGRAF et al., 2020).

De acordo com Piroli (2016), diversos fatores antrópicos estão intimamente ligados com a escassez dos recursos hídricos, são eles: o desmatamento das matas ciliares e redução das áreas florestais; a redução da infiltração da água no solo e como consequência a redução

do lençol freático, devido à impermeabilização e compactação do solo; gestão ineficiente do governo, que impacta na deficiência do sistema de esgotamento sanitário; e falha dos processos de fiscalização dos despejos industriais.

Para sanar boa parte dessa problemática, a Organização das Nações Unidas (ONU) destacou como um dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, de modo que os países desenvolvam planejamentos estratégicos em busca de soluções para os grandes problemas que impactam o meio antrópico (PERIN; SORIANO-SIERRA, 2018).

Dessa forma, a crise hídrica do século XXI vai muito além da escassez, engloba também a ausência ou ineficiência de gerenciamento. Para tanto, é imprescindível entender que o recurso hídrico é um bem social, econômico e jurídico, pois é um recurso natural limitado, de domínio público e provido de valor econômico, requerendo assim uma gestão adequada (CAPELLARI, 2018).

3.1.1 Gestão de recursos hídricos no Brasil

A gestão de recursos hídricos no Brasil tem como um importante marco regulatório a Lei Federal 9.433 criada em janeiro de 1997, intitulada como Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a qual afirma que a água é um bem público, recurso limitado e dotado de valor econômico (BRASIL, 1997). Vale ressaltar que o antecedente legislativo sobre o direito da água foi o Código das Águas instituído no ano de 1934, o qual não foi capaz de nortear os meios da gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos (SETTI et al., 2001).

Para preencher essa lacuna, a PNRH designou que a gestão deve proporcionar o uso múltiplos das águas, ser descentralizada e adotar a bacia hidrográfica como unidade territorial para a sua implantação. A lei estabelece os Comitês de Bacia Hidrográficas (CBH) como ambiente para implantação destes fundamentos através de discussões referentes a situação nas bacias hidrográficas (BRASIL, 1997).

Em seguida, nos anos 2000, consolidou-se Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através da reforma institucional criada da Lei Federal 9.984, com a finalidade de executar a implementação da PNRH e integrar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 2000). Além disso, a ANA estabelece tanto as regras para atuação dos serviços públicos de saneamento básico, as fontes de recursos, e sua

estrutura administrativa, como delega a outorga do direito de recursos hídricos em corpos de águas de domínio da união, promove articulações com os CBH e declara a situação crítica de escassez de recursos hídricos (BRASIL, 2000).

Nessa perspectiva, a PNRH aponta os instrumentos de planejamento e controle, como forma de proceder o gerenciamento dos recursos hídricos de forma adequada, a fim de mitigar os conflitos de uso (FOLETO, 2018), conforme exposto no Quadro 1.

Quadro. 1 Instrumentos de planejamento e controle

Instrumentos	Objetivos
Planos de Recursos Hídricos e Bacias Hidrográficas	Fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.
Enquadramento dos corpos de água em classes	Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.
Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos	Assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.
Cobrança pelo uso de recursos hídricos	Reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas contemplados nos planos de recursos hídricos.
Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos	Reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil, atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos e fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

Fonte: BRASIL (1997).

É notório que a PNRH regula esses instrumentos apoiados em questionamentos inovadores, que buscam a integralização da gestão ambiental, das águas e do solo (FADUL; VITORIA; CERQUEIRA, 2017). Todavia, apesar dessa normativa ser contemporânea e bem estruturada, o país enfrenta dificuldades relacionadas com a sua aplicabilidade, devido principalmente a falta de fiscalização e comunicação entre os órgãos ambientais (PARENTE, 2019).

3.1.2 Gestão de recursos hídricos na Bahia

A PNRH aponta a necessidade de cada estado brasileiro possuir um órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH). Dessa forma, no território baiano o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) é o órgão responsável pelo planejamento e gestão das águas conforme o teor da Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei Estadual 11.612 do ano de 2009 (INEMA, 2021).

Nessa ótica, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGREH) tem entre seus objetivos: formular e implementar a política estadual de recursos hídricos; coordenar; planejar controlar o uso, a preservação e recuperação da água (SEIA, 2021).

O Estado da Bahia atualmente é constituído por 417 municípios distribuídos em 564.733 km² de sua área territorial, sendo considerado para efeito de gestão hídrica no nível nacional a existência de duas Regiões Hidrográficas: a do Atlântico Leste e do São Francisco.

A gestão das regiões hidrográficas da Bahia é baseada na Política Nacional de Recursos Hídricos e sob a ótica da Lei Estadual 11.612/09, que preconizam a descentralização da gestão do uso das águas com a participação do Poder Público, dos usuários das águas e das comunidades, a gestão participativa, e estimulam a criação e manutenção dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Assim, conforme descrito na Lei 12.212 de 2011, compete ao INEMA estimular a criação e organização de Comitês de Bacias Hidrográficas (SEIA, 2021).

Entretanto, os comitês das bacias hidrográficas do território baiano apresentam tanto dificuldades no engajamento de tomadas de decisão junto ao estado, como na criação dos projetos de implementação dos planos de recursos hídricos e da cobrança pelo uso da água (FADUL; VITÓRIA; CERQUEIRA, 2017).

O comitê do rio de Contas, por sua vez, foi criado a partir do decreto nº 11.245 de 17 de outubro de 2008, cujo artigo 3º informa que o desempenho atenderá ao disposto no seu Regime Interno de acordo com a Lei nº 10.432, de 20 de dezembro de 2006, e a Resolução CONERH nº 03, de 17 de janeiro de 2006.

3.2 Influência dos Fatores Climáticos na Precipitação de uma Bacia Hidrográfica

A ação dos fatores climáticos na precipitação de uma bacia hidrográfica exerce mudanças no ciclo hidrológico, interferindo na ausência ou no aumento do regime de chuva que podem provocar eventos hidrológicos extremos (SALINI, 2012; ANA, 2021).

Dentre as possíveis alterações, é importante ressaltar a ocorrência de eventos relevantes como o El Niño Oscilação Sul (ENOS). Reboita et al. (2021) descrevem o ENOS como um acoplamento entre o oceano Pacífico Tropical Central-Leste e a atmosfera através de anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e de anomalias na pressão atmosférica.

Alguns autores defendem que estes eventos que sofrem ação direta das TSM dos oceanos Pacífico e/ou Atlântico, são os causadores do aumento ou redução de chuvas no Nordeste Brasileiro, a exemplo do El Niño (EN), La Niña (LN), Dipolo do Atlântico e da Zona de Convergência Intertropical, os quais exercem ação direta nas atividades agrícolas, setores econômicos e sociais (ALVES et al., 2015; SILVA et al., 2017). Ademais, outros estudos revelam que o fenômeno ENOS está propriamente ligado com as alterações nos padrões das secas e chuvas em excesso (OLIVEIRA et al., 2015; EMILIANO et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020; MEDEIROS et al., 2021).

Segundo Molion (2017), o EN é o aquecimento que ocorre com as águas do Pacífico Tropical e o LN caracteriza-se pelo resfriamento das águas superficiais. Algumas investigações científicas indicam que na região nordeste do Brasil, o EN é um dos propulsores pela redução das chuvas, e a depender do período do ano e da intensidade em que se manifesta, é o causador dos anos com maior percentual de estiagem. Se ocorrer em conjunto com o Dipolo Positivo do Atlântico (DPA), o período se torna ainda mais seco, uma vez que o DPA também é desfavorável às chuvas (FILHO et al., 2018 e PINHEIRO et al., 2018).

Nesse sentido, o Dipolo do Atlântico exhibe singularidades que resultam no acoplamento oceano/atmosfera, ocasionado por modificações atípicas na TSM, baixos níveis dos ventos e pressão ao nível médio do mar (PNM) no Oceano Atlântico Tropical (HASTENRATH; HELLER, 1977). Moura e Shukla (1981a) apud Carvalho (2019), descrevem que a fase positiva do Dipolo Atlântico decorre no momento em que as águas do Atlântico Tropical Norte (ATN) encontram-se mais quentes do que o normal e interligam-se com centro de baixa pressão e, em contrapartida, as águas do ATS permanecem

atipicamente frias, viabilizando oscilações ascendentes no ATN e descendentes no Atlântico Tropical Sul (ATS), resultando na transferência do ar frio e seco da alta atmosfera para regiões do norte e sertão do Nordeste, impossibilitando a convecção e, assim, reduzindo a incidência de chuvas.

Com efeito, o litoral nordestino do Brasil sofre intensa variação de precipitação interanual, devido às interferências dos inúmeros sistemas de circulação atmosférica, tais como: massa de ar tropical marítima; sistemas frontais, ou seus restos que atingem o sul da Bahia; a intensidade da brisa terrestre; as linhas de instabilidade costeira; a variação sazonal dos ventos; e a posição e intensidade da zona de convergência intertropical (SILVA; BARBOSA, 2021).

Para mais, Nóbrega et al. (2016) constata que outras condicionantes também comprometem o baixo índice pluviométrico no nordeste brasileiro, tal como o bloqueio, em tempos de estiagem, da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ao norte de sua posição normal, resultando na inibição da precipitação, e as decorrências da macro movimentação do El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico.

3.3 Efeito da Modificação do Uso do Solo Sobre o Regime Fluviométrico

Alguns estudos científicos desenvolvidos nas últimas décadas afirmam que o uso e cobertura da terra, a partir das diferentes necessidades humanas, podem gerar impactos ao meio ambiente (MESQUITA, 2018; CUNHA et al., 2020). Dessa forma, torna-se relevante compreender como os seres humanos manipulam a terra, desde as práticas simplórias até as técnicas de manejo realizadas. Cunha et al. (2020) defendem que as análises multitemporais por imagens de satélite apresentam resultados expressivos na avaliação das mudanças no uso da terra.

Dentre os múltiplos usos da terra, os mais recorrentes estão inseridos tanto nas áreas urbanas como nas áreas de agricultura e pastagens. Sobre isso, Oliveira et al. (2016) denotam que o aumento da área de pastagem sem a execução de ações voltadas com a conservação do meio ambiente, provavelmente, irá gerar prejuízos ambientais. Logo, o uso indiscriminado do solo produz diversos impactos ao ambiente natural, tais como: erosão, compactação, exaustão dos nutrientes, assoreamento das redes de drenagem e outras mudanças típicas da degradação do solo (CUNHA et al., 2020).

Adicionalmente, Moreira et al. (2015) enfatizam que o uso do solo, com inclusão da

vegetação e atividades antropogênicas, afeta a disponibilidade hídrica. Assim, algumas pesquisas relatam que os efeitos da alteração do uso da terra sobre o regime fluviométrico no contexto de bacias hidrográficas podem sobrevir nas vazões média, máximas e mínimas, os quais influenciam o comportamento não estacionário das séries hidrológicas (DO et al., 2017; KHANNA et al., 2017; AIRES 2018; FERREIRA et al., 2020; PASSOS et al., 2021). Em seqüência, serão discutidos a repercussão desses impactos nas unidades de planejamento.

3.3.1 Impacto da alteração da cobertura vegetal sobre a vazão

Conforme abordado anteriormente, alguns pesquisadores identificaram certos inconvenientes atrelados com a modificação da cobertura vegetal sobre o regime de vazões. Nesse sentido, serão discutidas nesta seção algumas particularidades dos estudos relacionados com essa temática.

De acordo com a análise de Passos (2021), a respeito do impacto nas vazões da bacia hidrográfica Ribeirão José Pereira em Itajubá, sul de Minas Gerais, devido às mudanças no uso e ocupação do solo, utilizando o modelo distribuído Soil and Water Assessment Tool (SWAT), foram gerados cinco cenários (o cenário do estado atual, de manejo do solo, de recuperação das APPs de margens de rios, de substituição total por floresta e de crescimento urbano), que foram idealizados a partir de características observadas na bacia. Os resultados indicaram que o manejo agrícola e o reflorestamento da bacia são mais eficientes na diminuição do escoamento superficial do que a recuperação das APPs, otimizando a redução de aproximadamente 40% nas vazões máximas simuladas.

Todavia, os fatores que influenciam as vazões máximas exibem alta complexidade e, conseqüentemente, grande parte dos estudos visam avaliar as conseqüências das alterações da cobertura vegetal sobre o regime de vazões médias (EISENBIES *et al.*, 2007).

Em vista disso, Dias (2018) investigou a vazão média mensal e trimestral (maior e menor vazão), além da espacialização e o comportamento da precipitação no período de 1983 a 2014, a fim de examinar o comportamento hidrológico da bacia do rio Capim, localizado no nordeste do Estado do Pará. Os resultados obtidos indicaram redução na classe floresta para a bacia, e crescimento das classes pastagem e agricultura. Entretanto, o autor também identificou um aumento da classe floresta no período 2004 a 2014 nas APPs. Obteve-se uma alta correlação, tanto para os usos e cobertura de toda a bacia como para somente a APPs dos recursos hídricos, entre as classes de floresta e pastagem com as vazões

do rio Capim. A análise da paisagem apresentou um aumento da fragmentação florestal, sendo que as métricas (borda total, índice de agregação da pastagem e agricultura, índice de intercalação e justaposição) tiveram maior correlação com a vazão indicando que a fragmentação com a cobertura florestal da bacia e ampliação das áreas destinadas a pastagens tem obtido reflexo no comportamento da vazão.

Nesse sentido, o aumento e redução da vazão está associado com o que será inserido no lugar da vegetação. Benedito e Ribeiro (2018) constataram na bacia do rio Paraibuna localizado na região Sudeste do Brasil, o comprometimento da vazão nas áreas que contemplam latossolos e pastos, de modo simultâneo, assim como, nas áreas urbanizadas e descobertas, fatores que impactam diretamente no escoamento superficial e impermeabilização das áreas. Através das análises originadas nas unidades de resposta hidrológica da região da bacia do Paraibuna, os autores perceberam alternância das vazões nos rios estudados, principalmente quanto aos picos registrados em algumas épocas do ano, consequência da porcentagem presente de pastos e latossolos (54,36% da área total). No caso do rio Preto, a vazão média chegou a aumentar quase 400%, sendo um dos rios mais afetados na bacia, contando as numerosas declividades e a presença dos três tipos de solo.

Por sua vez, Albuquerque (2018) avaliou a interferência da dinâmica do uso e ocupação do solo na vazão do alto da bacia hidrográfica do rio Verde Grande (o qual tem 87% da sua área situado no estado mineiro), é reconhecida pela baixa disponibilidade hídrica e alta variabilidade climática, visto que os maiores índices pluviométricos se concentram na cabeceira da bacia, em razão das análises das vazões média de longo período, vazão máxima média, vazão mínima média, Q90% e Q95%, assim como dos dados de precipitação do período estudado. Com base nos resultados obtidos, notou-se pouca influência do uso e ocupação do solo na bacia e no comportamento das vazões do rio em sua calha principal, estando essas intimamente relacionadas com a precipitação.

Nesse seguimento, Nobrega (2018) examinou o desempenho hidrológico da bacia hidrográfica do rio Surumu, na Amazônia, frente às especificidades geomorfológicas, condições do clima e previsão de cenários futuros de uso e ocupação do solo, com a manutenção das condições climáticas. Vale ressaltar que grande parte da área da bacia é ocupada por vegetação de savana (77,7%), expressando papel significativo na produção de água e manutenção de vazões mínimas de referência. Além disso, a bacia contempla cerca de 21,5% de floresta, 1% de área agrícola e 0,2% de superfície coberta por água, distribuídos em: 71,4% de modelados de dissecação, 20,7% em aplanamento e 7,7% em acumulação.

Posto isso, o estudo revelou que os cenários de substituição de 20% e 50% da área de vegetação de savana por uso agrícola em modelados de aplanamento e acumulação, reflete um acréscimo diminuto das vazões mínimas, média e máximas simuladas na maioria dos principais afluentes na bacia do rio Surumu. Demonstrando que se o acréscimo é pouco significativo, então pode-se substituir obedecendo as porcentagens.

Em contrapartida, a análise de Aires (2017) relata que devido às alterações na cobertura do solo no rio Paraopeba, localizado em Minas Gerais, constatou-se uma tendência de redução nos regimes de vazão, com destaque para a vazão média e mínima. Apesar da vazão máxima expor comportamento estacionário ao longo do tempo, o pesquisador averiguou uma leve tendência de redução, com a taxa média de $-7,46 \text{ m}^3/\text{s}$ por ano, entre 1938 e 2014. De modo geral, o estudo aponta a contenção dos regimes fluviométricos na análise comparativa, atestando que as alterações na superfície da bacia interferem de forma direta ou indireta nas vazões (AIRES, 2017).

Em relação à dinâmica da cobertura vegetal, a pesquisa de Aires (2018) validou pouca variação no decorrer do tempo, com pequeno aumento da cobertura vegetal e redução na área de pastagem. Verificou-se que seis estações fluviométricas localizadas na área de estudo denotaram comportamento não estacionário, com pendor de restrição da vazão mínima e aumento da vazão máxima. Alusivo a isso, Ferreira et al. (2020) inferiram que a redução da vazão mínima na bacia hidrográfica do rio Guanhães em Minas Gerais, pode estar atrelada com as mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra nos últimos anos, validando que essas alterações precisam ser discutidas no planejamento e manejo dos recursos hídricos da área da bacia.

Desse modo, o estudo das vazões mínimas é de fundamental importância para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos, sendo importante para assegurar o abastecimento urbano, industrial e atividades agropecuárias e garantir a qualidade do ambiente aquático (BAZZO et al., 2017).

Por outro lado, é inquestionável que o uso e ocupação nas áreas das bacias hidrográficas de modo inapropriado implicam tanto na qualidade ambiental dessas unidades de gestão como na degradação dos recursos hídricos, uma vez que a mitigação das áreas verdes impacta diretamente a produção de água e, como resultado, compromete os serviços ambientais das nascentes, contribuindo com os danos associados com o fornecimento e disponibilidade dos recursos hídricos às comunidades e aos usos múltiplos (BARROS et al., 2018).

Nesse contexto, é imprescindível que haja o provimento de ações específicas que contribuam com a sustentabilidade da bacia, conservação do solo e reflorestamento, isto é: técnicas de recuperação do solo, reflorestamento, revitalização de nascentes, saneamento rural e entre outros; que auxiliem no equilíbrio da qualidade ambiental dessas áreas com a manutenção do lençol freático, da fauna e flora local, e mitiguem os impactos negativos nas unidades de planejamento (BETIOLO; ANDRADE, 2020).

3.4 Mapeamento das Classes de Uso do Solo

Com base na compreensão dos impactos originados pela alteração do uso e cobertura do solo nas unidades de planejamento, é notório a necessidade do mapeamento da região para discernir quais variáveis colaboraram com a modificação da cobertura vegetal. Xie et al. (2019) defendem que, por meio das imagens de satélite, é possível mapear a área onde ocorreram as modificações antrópicas da superfície e vincular as alterações do uso e ocupação do solo.

Para tanto, o mapeamento é uma poderosa ferramenta de análise ambiental, pois permite verificar imagens de alterações ocorridas em determinado período, correlacionando o uso da terra com as características do meio ambiente e, assim, de posse dos dados e informações do uso e ocupação da terra é possível dimensionar os impactos causados em uma determinada região, relacionando o homem à natureza (CUNHA, 2020).

Nessa perspectiva, o sensoriamento remoto propicia a obtenção dos dados de forma rápida, confiável e repetitiva, bem como facilita a obtenção de informações a distância dos diferentes tipos de áreas, sejam elas desmatadas, impermeabilizadas, submetidas a processos de erosão, dentre outras. Facilita, também, a obtenção das características de um objeto que está distante do alvo (SILVA, 2014).

Ademais, Finger et al. (2021) pontuam que o sensoriamento remoto surge como uma ferramenta eficaz de mapeamento e monitoramento ambientais, e entre os diversos dados obtidos pelo sensoriamento remoto, as imagens provenientes dos sensores Landsat vêm ganhando destaque nos últimos tempos.

Em vista disso, muitas pesquisas relacionam e modelam o uso do solo com o deflúvio, expondo variações significativas nas vazões, em resposta às alterações do uso e ocupação do solo. A título de exemplo, Cunha (2020) investigou o uso e cobertura da terra da bacia do Córrego da Porteira em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, por meio das imagens

do Landsat 5 e 8, e das aerofotos armazenadas e tratadas em Sistema de Informações Geográficas (SIG), onde percebeu o impacto que ocorreu na bacia (redução da cobertura vegetal, assoreamento da calha do córrego e entre outros), devido à supressão de sua vegetação autóctone, a qual foi substituída por pastagem plantada, comprovando que as bacias sofrem grandes transformações, em virtude da retirada da vegetação nativa por substituição de outro tipo de vegetação.

De modo similar, Fistarol e Santos (2020) também utilizaram as imagens do Landsat 8 e do Landsat 1, com a finalidade de examinar as implicações no uso e ocupação do solo na bacia do rio de Ondas (localizada no nordeste) na sua produção de sedimentos, os quais detectaram uma intensa alteração na área da bacia hidrográfica com relação ao uso e ocupação do solo nos últimos 40 anos, com supressão de cerca de 47% de área de vegetação nativa, influenciando de forma significativa com o aumento da produção de sedimentos, dado que as perdas de solo na bacia são estimuladas com o aumento da substituição da vegetação nativa por áreas agrícolas.

Com o intuito de avaliar a dinâmica de evolução espaço-temporal do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi (RN), Silva (2019) manipulou uma cena do satélite Landsat-5 (sensor Thematic Mapper- TM) e outra do Landsat-8 (sensor Operacional Land Imager- OLI), coincidindo com o final da estação chuvosa, ambas com resolução espacial de 30 metros. Dessa forma, o autor validou que nos últimos anos, a bacia está passando por um estágio de degradação ambiental, decorrentes de processos naturais e antrópicos, necessitando de políticas de planejamento ambiental e territorial com vistas na conservação dos usos múltiplos das águas (SILVA, 2019).

É oportuno acrescentar que o Google Earth Engine (GEE) é outra plataforma que oferece imagens, e possui um enorme banco de dados geoespaciais (MHAWEJ; FAOUR, 2020). Sua base de dados públicos inclui mais de trinta anos de imagens e conjuntos de dados científicos atualizados e ampliados diariamente. Segundo Souza et al. (2020), essa geotecnologia funciona como plataforma online e detém uma série de dados ambientais globais, capazes de auxiliar no desenvolvimento de pesquisas e análises do uso e cobertura da terra.

Assim, o Google Earth Engine (GEE) mostra-se como uma ferramenta inovadora de análise multi-temporal (TIAN et al., 2019; SWETNAM et al., 2021), e permite aos usuários, as funcionalidades de trabalhar com inúmeras práticas de sensoriamento remoto (LU et al, 2019). Além disso, o GEE viabiliza a execução expressiva da quantidade de dados

geoespaciais, processando as informações colocados na nuvem (GEE, 2021).

Nesse contexto, o projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomias) foi criado no ano de 2015, com o objetivo de contribuir com o entendimento da dinâmica do uso do solo nos países tropicais, apresentando confiabilidade e baixo custo na produção de mapas anuais de uso do solo em todo território brasileiro, possibilitando o download dos dados, através da ferramenta de acesso e download do GEE (MAPBIOMAS, 2019).

Destarte, os produtos mais relevantes gerados pelo MapBiomias estão dirigidos à especialistas e ao público em geral. Entre os produtos disponibilizados, vale destacar (MAPBIOMAS, 2019):

- a) Mapas de cobertura e uso do solo no formato matricial (pixel de 30x30m) – exhibe confecção anual desde 1985 e legenda compatível com a utilizada no inventario de emissões de gases de efeito estufa no Brasil;
- b) Mosaicos de imagens de satélite - apresentam boa representação tendo, como exemplo, menos nuvens para cada ano de série histórica, com resolução espacial de 30 m, e o período do ano em que a imagem for escolhida varia de acordo com a região;
- c) Plataforma de consulta pública (map server) - expõe imagens e mapas, com a facilidade de gerar estatísticas sobre cobertura/uso do solo e suas transições, além de conter a plataforma de trabalho (MapBiomias Workspace), que é o ambiente de produção, com a possibilidade de ajustar de acordo com as características de cada região;
- d) Plugins para softwares tais como o QGIS - permitem acessar os dados do MapBiomias;
- e) Coleção de scripts de processamento e classificação das imagens - a plataforma possui três ambientes, onde o material de trabalho é compartilhado: Code Editor do Google Earth Engine, Google Drive e MapBiomias Workspace.

Diferentes estudos operam informações e dados coletados no MapBiomias, a exemplo da pesquisa proferida por Jerolimski (2021) que usou os mapas vetoriais fornecidos pelo MapBiomias, para analisar a alteração no uso e cobertura do solo nos campos de Palmas, além de verificar a hipótese de redução nessas áreas de campos naturais com o uso com

pecuária extensiva, entre os anos de 1985 e 2019. A partir dos resultados, o autor comprovou que as áreas ocupadas por vegetação campestre reduziram e o restante de área em 2019 manteve-se ocupada por outros tipos de uso do solo.

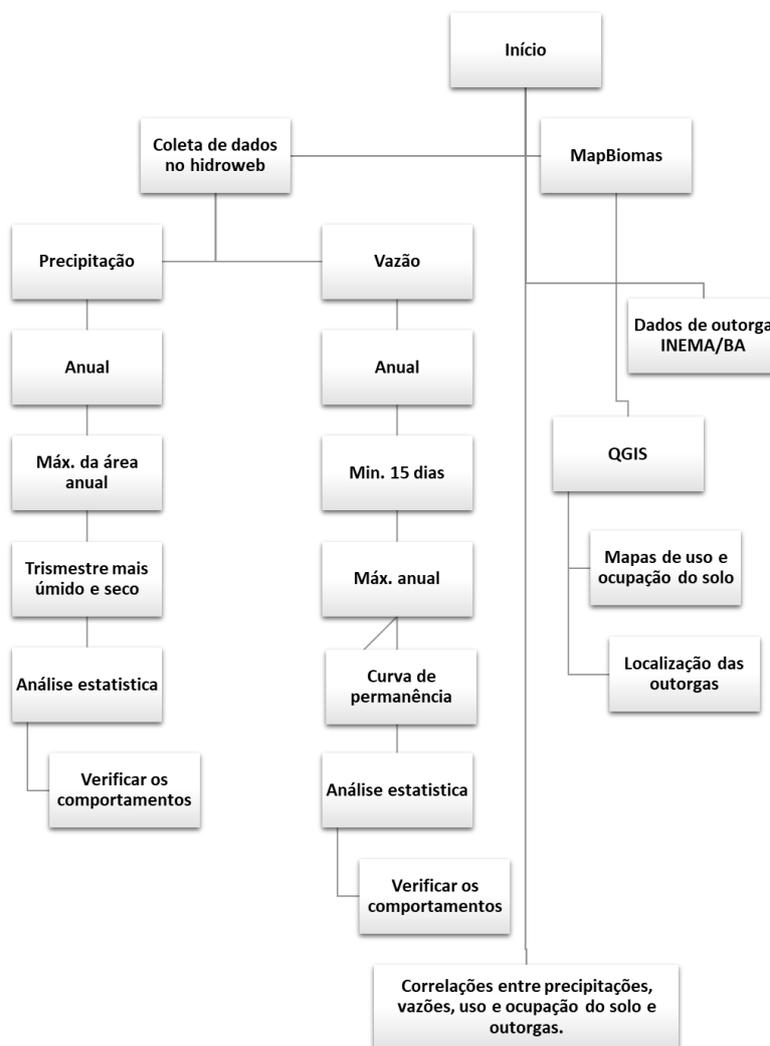
O estudo elaborado por Brito et al. (2019) também utilizou os dados do MapBiomas através da plataforma de processamento em nuvem GEE, com o propósito de aplicar os dados anuais de classificação de uso do solo para avaliar o comportamento das superfícies de água no estado da Paraíba, correlacionando-os com as informações anuais de precipitação, entre os anos de 1985 e 2017. Nessa sequência, detectou-se o aumento constante pela demanda de água, e, mesmo diante das precipitações anuais acima da média nos últimos anos, os corpos hídricos não conseguiram restituir seu espelho d'água conforme ocorria no início da análise multitemporal.

Em contrapartida, o estudo de Carvalho (2019) expôs a dificuldade em difundir padrões permissíveis para a análise da dinâmica relacionada à cobertura e uso do solo, devido ao tamanho restrito da área investigada, no município de Itatim/BA, por meio dos dados fornecidos pelo MapBiomas. A semelhança das áreas de vegetação e solo exposto com áreas de agricultura e pecuária, foi um grande desafio, segundo o autor, e, mesmo assim, identificou que ao longo de determinado recorte de espaço-tempo no município de Itatim, ocorreu uma recorrente perda da vegetação nativa em função do avanço da agropecuária. Com isso, é possível perceber que as singularidades dos diferentes locais de estudo, tal como o tamanho e o porte da área, trazem dificuldades para o diagnóstico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Nos itens seguintes são descritos os métodos e os procedimentos adotados na realização do presente trabalho, esquematizadas no fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma metodológico



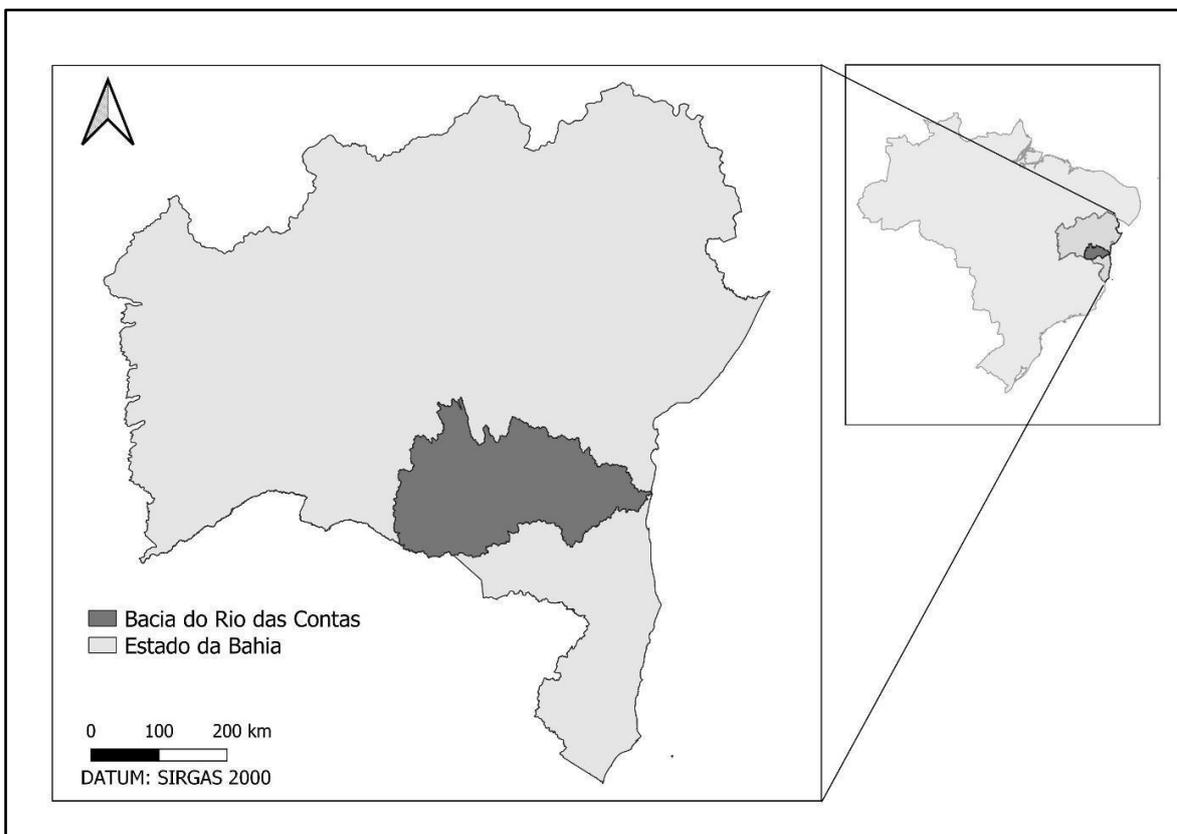
Fonte: Autora.

4.1 Bacia Hidrográfica do Rio de Contas

A área estudada é a bacia hidrográfica do Rio de Contas (BHRC) que está localizada no estado da Bahia, região Nordeste do Brasil, limitada ao norte com as Bacias Hidrográficas do Rio Paraguaçu e Recôncavo Sul, a oeste com a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, a leste com o Oceano Atlântico e ao sul com as Bacias Hidrográficas do Rio Pardo e Rio

Leste e com o estado de Minas Gerais (INEMA, 2021), como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2. Localização da BHRC.



Fonte: Autora.

O Rio de Contas nasce entre os municípios de Piatã e Abaíra e sua foz está situada no município de Itacaré, desaguando no Oceano Atlântico, sendo um dos principais rios da Região Hidrográfica Atlântico Leste (CBHRC, 2020). A bacia está localizada na região centro-sul do estado, entre as coordenadas geográficas 12°55' e 15°10' de latitude sul e 39°00' e 42°35' de longitude oeste (INEMA, 2021).

Esta bacia tem uma área de 55.334 km², equivalente a 10,2% do território da Bahia, destacando-se por ser a maior bacia hidrográfica de rio inteiramente estadual. Suas principais sub-bacias são: Alto Contas, Brumado, Gavião, Rio do Antônio, Sincorá, Gentio, Baixo Contas, Gongogi, sub-bacia Litorânea e de Transição. A população desta Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) é 1.242.439 habitantes. São 76 municípios presentes na bacia, sendo 46 totalmente inseridos, 10 com mais de 60% do território, 8 têm entre 40 a 60% e 12 com menos de 40% do seu território dentro da bacia (INEMA, 2021).

Quanto ao posicionamento da bacia, conforme Braga et al. (1998), se enquadra nas regiões morfológicas da Chapada Diamantina e da Depressão Sertaneja, mostrando uma alta

variabilidade de altitudes. Representa com maior intensidade o efeito orográfico da Bahia, que expressa o contraste dos parâmetros de umidade e vegetação de suas vertentes.

Aproximadamente 85% da bacia está inserida no Bioma Caatinga e 15% na Mata Atlântica (CBHRC, 2020). Conforme Paula et al. (2010), a bacia compreende três diferentes biomas: o cerrado da Chapada Diamantina (Alto Contas); Caatinga (Médio Contas) e Mata Atlântica (Baixo Contas).

A agricultura e a pecuária extensiva são de grande importância para a economia dos municípios da bacia (NOGUEIRA et al., 2020). A agropecuária ocupa 64% da atividade econômica regional, sendo que nos trechos médio e inferior da bacia estão localizados importantes regiões de pecuária bovina leiteira e de corte (INEMA, 2021).

No que diz respeito à climatologia, no trecho superior e médio da bacia as precipitações anuais são inferiores a 700 mm e o clima semiárido abrange 51% da área desta região. Seguindo em direção ao litoral o clima fica mais brando passando do clima subúmido a seco para o úmido a subúmido e deste para o úmido, com valores totais de precipitação aumentando progressivamente até atingir medidas próximas a 2.000 mm no litoral (INEMA, 2021).

Do litoral da bacia até a região que adentra o interior da RPGA do Rio de Contas, ocorre uma intensificação dos períodos de déficit hídrico. Na parte oriental, existe disponibilidade de água para a agricultura, já na mais central e ocidental existem períodos de déficits hídricos nas estações secas, sendo assim necessário a implementação de irrigação (SALVADOR, 2020).

Em relação ao uso e ocupação da terra, as áreas de vegetação natural de Caatinga e antropizadas com exploração agropecuária ocorrem no trecho superior e médio da bacia. Já no trecho inferior, a jusante da cidade de Jequié, ocorrem remanescentes das matas de cacau e de mata atlântica. Do oeste para o leste das cabeceiras do rio de Contas e Brumado, na parte sul da Chapada de Diamantina, ocorre área de depressões interplanálticas e dos planaltos sul-baiano, pré-litorâneo e costeiro (INEMA, 2021).

A extensão da bacia hidrográfica do rio de Contas situa-se cerca de 75% no polígono das secas, a parte restante atravessa zona de matas da região cacauífera (CHESF, 2022).

A região em análise é a do alto Contas, área de influência do posto 52090000 que é totalmente localizada dentro do polígono das secas (Figura 3) e está sujeita a crises de prolongamento das estiagens, a qual é instrumento de ações governamentais com o objetivo de minimizar os efeitos da seca na vida da população.

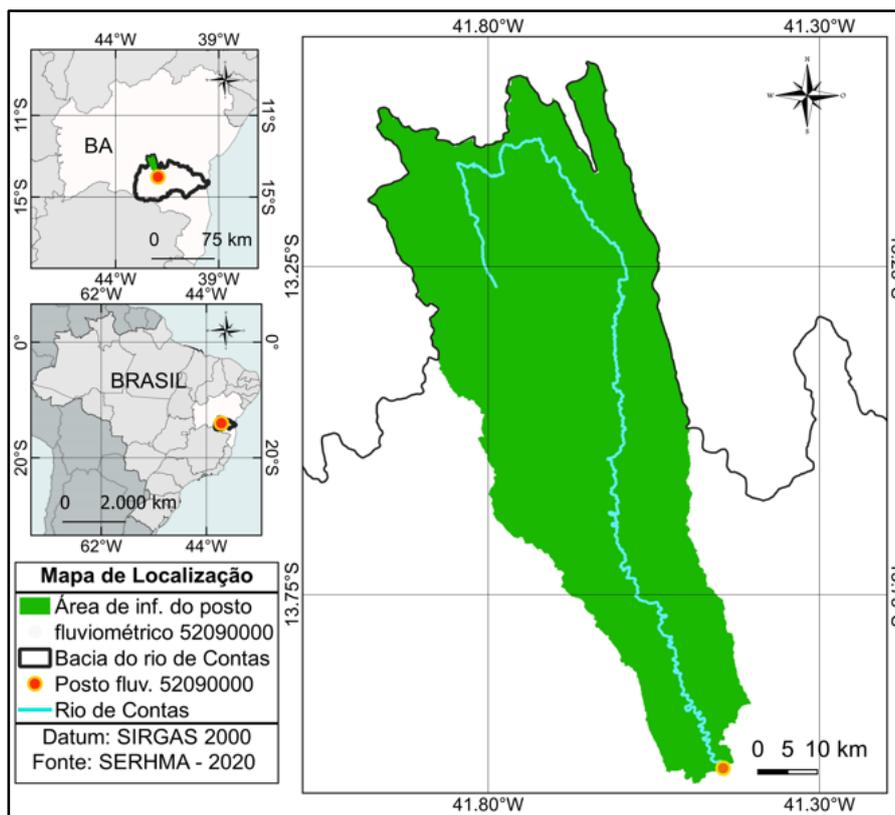
esta pesquisa. Os dados saem em formato de imagem TIF e depois utiliza-se o QGIS para análise e elaboração dos estudos aplicados à pesquisa, como por exemplo o percentual de classes de cobertura da terra, em relação à alteração entre as décadas analisadas.

Para a análise de alteração das classes de cobertura e uso da terra foram estudados intervalos correspondentes aos períodos de 1985, 1995, 2005, 2020, 2015 e 2020, sendo gerados seis mapas. Com a elaboração dos mapas foram representadas as classes de cobertura e uso da terra, assim como a dinâmica de alteração na área de drenagem da estação fluviométrica na bacia do rio de Contas.

4.3 Obtenção e Tratamento da Base de Dados Hidrológicos

Foram utilizados neste estudo os dados de vazão posto fluviométrico 52090000 - Cristalândia (Figura 4) e os dados de precipitação dos postos pluviométricos situados na área de drenagem do referido posto fluviométrico e nas vizinhanças dessa área. Os dados hidrológicos de cada estação foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb), da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021). São listados na Tabela 1 os postos pluviométricos dentro da área de drenagem e próximos até 20 km, dentre os quais foram selecionados os melhores para o estudo. A Tabela 2 detalha a estação fluviométrica utilizada.

Figura 4. Localização da área e influência do posto fluviométrico.



Fonte: Autora.

Tabela 1. Postos pluviométricos da área de drenagem.

CÓDIGO	LAT.	LONG.	OPERADOR	NOME	ANO
1241037	-12,9053	-41,8656	INEMA-BA	FAZENDA CRUZ	2000-2013
1341000	-13,76	-41,5425	SUDENE	TRANQUEIRAS	1991-1964
1341001	-13,6333	-41,3333	DNOCS	BARRA DA ESTIVA	1934-1981
1341002	-13,5681	-41,8169	SUDENE	BARRAGEM DO BRUMADO	1990-1964
1341003	-13,5156	-41,5925	SUDENE	JUSSIAPE	1991-1964
1341004	-13,1494	-41,7733	SUDENE	PIATÃ (ANCHIETA)	SEM DADOS
1341006	-13,15	-41,7833	DNOCS	PIATÃ (ANCHIETA)	1991-1918
1341008	-13,2822	-41,3947	SUDENE	CASCADEL	1990-1960
1341009	-13,1167	-41,9833	DNOCS	INUBIA (IPIRANGA)	1991-1911
1341011	-13,5667	-41,8167	DNOCS	RIO DE CONTAS	1991-1964
1341012	-13,7589	-41,7756	SUDENE	DOM BASÍLIO (IBOROCAIM)	1991-1964
1341013	-13,8167	-41,3	DNOCS	ITUAÇU	1985-1911
1341016	-13,5667	-41,8167	ANA	RIO DE CONTAS	1971-1945
1341021	-13,8119	-41,3	INMET	ITUAÇU	1977-1989
1341022	-13,2833	-41,8333	DNOCS	CATOLÉS	SEM DADOS

CÓDIGO	LAT.	LONG.	OPERADOR	NOME	ANO
1341023	-13,4006	-41,6456	DNOCS	CARAGUATAI	SEM DADOS
1341024	-13,5	-41,6167	DNOCS	JUSSIAPE	SEM DADOS
1341025	-13,5975	-41,6917	DNOCS	MARCOLINO MOURA	SEM DADOS
1341026	-13,6628	-41,8372	DNOCS	LIVRAMENTO DO BRUMADO	SEM DADOS
1341027	-13,5681	-41,8169	DNOCS	AÇUDE BRUMADO	SEM DADOS
1341028	-13,5167	-41,85	RFFSA	BARRAGEM DE BRUMADO	1967-1967
1341029	-13,8128	-41,3019	CPRM	ITUAÇU	2022-1984
1341030	-13,0794	-41,4403	INEMA-BA	BARRAGEM DO APERTADO	SEM DADOS
1341033	-13,1642	-41,7708	INEMA-BA	PIATÃ	SEM DADOS
1341045	-13,2839	-41,4025	RTK	CASCAVEL - FAZENDA BAGISA	SEM DADOS
1341046	-13,2158	-41,6061	CPRM	SANTANA	2021-2005
1341047	-13,6433	-41,8589	CPRM	LIVRAMENTO	2021-2005
1341049	-13,0794	-41,4403	INEMA-BA	APERTADO	SEM DADOS
1441000	-14,0994	-41,2911	CPRM	SANTO ANTÔNIO	2022-1940
1441010	-14,0161	-41,4436	SUDENE	CRISTALÂNDIA (CRISTAIS)	1998-1964
1441039	-14,1075	-41,4167	CHESF	ROÇADOS	SEM DADOS

Fonte: HidroWeb.

Tabela 2 Estação fluviométrica utilizada no estudo.

Código	Nome	Município	Área de drenagem	Período de dados	Perímetro	Extensão do rio principal
52090000	Cristalândia	Brumado	3377,31 km ²	1969-2010	527,017 km	213,657 km

Fonte: Adaptado HidroWeb (2023).

Com base na necessidade de utilização de séries históricas mais longas e atualizadas, principalmente para fins de aplicação dos testes de tendências, foram utilizados os dados brutos da estação fluviométrica e pluviométrica a partir dos dados antigos anexos, no site da ANA. Destaca-se ainda que, antes de serem utilizados os dados brutos, foi feita uma criteriosa análise de todos os dados visando a detecção de erros que poderiam afetar as análises hidrológicas que foram realizadas. O cálculo da vazão (vazão média anual, vazão mínima de quinze dias, vazão máxima anual e curva de permanência) foi realizado pelo software Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SisCAH), criado pelo grupo

de pesquisa em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Viçosa. Para analisar os dados de chuva foi utilizado Sistema de Informações Hidrológicas (HIDRO) versão 1.4, ele que permitiu o gerenciamento de uma base de dados hidrometeorológicos armazenada centralmente em um banco de dados.

O preenchimento de falhas dos dados foi realizado por meio da ponderação regional, segundo critérios de escolha de bases para as regressões, conforme equação abaixo (BERTONI; TUCCI, 2013).

$$P_x = \frac{1}{3} \left[\frac{P_1}{P_{m1}} + \frac{P_2}{P_{m2}} + \frac{P_3}{P_{m3}} \right] P_{mx} \quad (1)$$

Onde:

P_x = Precipitação do posto X a ser determinada;

P_1, P_2, P_3 = Precipitação dos postos vizinhos;

P_{m1}, P_{m2} e P_{m3} = Precipitações médias das estações vizinhas;

P_{mx} = Precipitação média do posto estudado.

4.3.1 Análise hidrológica

Para o estudo da precipitação na bacia foram analisadas as séries históricas de precipitação anual, da precipitação máxima mensal anual, da precipitação do trimestre mais úmido e mais seco. Para a estação fluviométrica, foram analisadas as séries históricas de vazão média anual, da vazão mínima de quinze dias, da vazão máxima anual e curva de permanência. A partir das séries de precipitação anual e de vazão média anual foi elaborada a série histórica do coeficiente de escoamento e evapotranspiração.

De acordo com Tomaz (2003), para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Para isto, usa-se o coeficiente de escoamento superficial, conhecido como coeficiente de runoff.

Quando a precipitação já preencheu as pequenas depressões do solo, a capacidade de retenção da vegetação foi ultrapassada e foi excedida a taxa de infiltração, começa a ocorrer o escoamento superficial. A relação entre a parcela total escoada na bacia e a precipitação total na bacia define o coeficiente de escoamento médio anual (C) dado por:

$$C = \frac{V_q}{V_p} \quad (2)$$

Onde:

Vq = lâmina escoado anualmente na bacia (mm).

Vp = lâmina total precipitado anualmente na bacia (mm).

A evapotranspiração (ET) também pode diminuir a parcela da chuva que se transforma em vazão dos corpos hídricos superficiais, causando baixos valores de resposta hidrológica. Fatores como o tipo de vegetação existente, a radiação solar, a temperatura do ar e a velocidade do vento podem afetar a ET (AHMAD et al., 2020; WANG et al., 2021; QINGMING et al., 2022). Com o volume precipitado na bacia e o escoado a ET é estimado por:

$$ET = Vq - Vp \quad (3)$$

É importante destacar que os dados brutos são utilizados devido a necessidade de se ter dados de séries históricas que sejam mais longas e mais recentes. São essenciais para a aplicação dos testes de tendência, uma vez que séries menores as flutuações naturais dos dados hidrológicos podem ser concedidas como comportamento não estacionário (WMO, 1988). Ao utilizar os dados brutos foi analisado se tinha algo fora do normal, fez uma análise da tendência.

4.4 Análise de Tendência das Séries Históricas

O estudo de estacionariedade é uma das análises de tendência das séries hidrológicas. Será realizada, previamente, a análise de estacionariedade para as series definidas na seção 4.3.1.

Com o intuito de analisar a tendência dos dados hidrológicos ao longo do tempo, foram aplicados os testes não paramétricos de Mann-Kendall e Pettitt, considerando-se um nível de significância de 5%. A aplicação do teste de Mann-Kendall foi realizada para avaliar se as séries apresentam tendência temporal de alteração estatística significativa, podendo a tendência observada na série histórica ser considerada crescente ou decrescente. O teste de Pettitt foi utilizado para confirmar se existe ou não tendência nas séries históricas dos dados e localizar o ponto onde ocorreu essa alteração, caso exista (MUDBHATKAL et al., 2017).

De acordo com Fraga et al. (2020), análises de tendência em séries temporais climáticas e hidrológicas, podem ser realizadas através de testes estatísticos, sendo os mais

utilizados os testes de Pettitt (PETTITT, 1979), e de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975), conforme apresentado em vários estudos (ALCÂNTARA, 2019; FERREIRA, 2020; FRAGA, M. S. et al. 2020). No cálculo dos testes foi utilizado o software RStudio que organiza as informações e desenvolve gráficos para uma visualização mais simples.

4.4.1 Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall é um método não-paramétrico utilizado para verificar se a série de dados possui uma tendência de alteração estatisticamente significativa ou não (HIPEL; McLEOD, 1994). Este não requer distribuição normal dos dados, entretanto exige que eles sejam independentes e aleatórios (MANN, 1945; KENDALL, 1975).

Seja uma série temporal de observações x_1, x_2, \dots, x_n . Mann (1945) propôs para hipótese nula (H_0) que não há tendência presente nos dados vindo de uma população onde as variáveis aleatórias são independentes e igualmente distribuídas. Na hipótese alternativa (H_1), tem-se que os dados seguem uma mesma tendência no tempo. Para H_0 , a estatística do teste é calculada pela equação:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (4)$$

Onde:

sgn : sinais.

x_j : valores anuais dos dados em j.

x_i : valores anuais dos dados em i.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & x_j > x_i \\ 0 & x_j = x_i \\ -1 & x_j < x_i \end{cases}$$

Kendall (1975) mostra que a estatística S é normalmente distribuída, cuja média $E[S_i]$ e variância $\text{Var}[S]$, para uma situação na qual pode haver valores iguais de x, são calculados pelas seguintes equações:

$$E[S_i] = 0 \quad (5)$$

$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n (t_i(i)(i-1)(2i+5))}{18} \quad (6)$$

Onde:

n : número de termos;

t_i : número de dados com valores iguais em um certo grupo i .

Através da média e da variância dada pelas Equações 3 e 4 respectivamente, pode-se checar se a tendência positiva ou negativa é significativamente diferente de zero. Caso S for diferente de zero a hipótese nula (H_0) pode ser rejeitada, apontando para a existência de tendência e a hipótese alternativa (H_1) não será rejeitada.

Conforme o sinal de S , se calcula o índice Z , onde o valor da estatística para uma distribuição normal é dado pela equação:

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{(\text{Var}(S))^{1/2}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S + 1}{(\text{Var}(S))^{1/2}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

No teste bi-caudal para tendência, H_0 deve ser aceito se o valor absoluto de Z for inferior a $Z_{\frac{\alpha}{2}}$, $|Z| \leq Z_{\frac{\alpha}{2}}$, onde $F_N \left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{\alpha}{2}$ sendo F_N o valor de distribuição normal cumulativa (MANN, 1945; KENDALL 1975).

4.4.2 Teste de Pettitt

Para complemento do teste de tendências de Mann-Kendall utiliza-se o teste de ruptura de Pettitt. O teste de Pettitt é um teste não paramétrico que utiliza uma versão do teste de Mann-Whitney que verifica se duas amostras: Y_1, \dots, Y_t e Y_{t+1}, \dots, Y_T , são da mesma população (PETTITT, 1979). A estatística $U_{t,T}$ faz uma contagem do número de vezes que um membro da primeira amostra é maior que um membro da segunda, e pode ser escrita de acordo com a Equação 8:

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{sgn}(Y_t - Y_j) \text{ para } t = 2, 3, \dots, T. \quad (8)$$

Desta forma, a estatística $U_{t,T}$ é calculada para os valores de $1 \leq t \leq T$ e a estatística $k(t)$ do teste de Pettitt é o máximo valor absoluto de $U_{t,T}$. Esta estatística é capaz de localizar o ponto onde houve uma ruptura (“changing point”) na observação de uma variável ao longo do tempo de uma série de dados e a sua significância pode ser calculada aproximadamente pela Equação 9:

$$p \cong 2exp [-6k(t)^2 / (T^3 + T^2)] \quad (9)$$

Onde:

p: nível de significância.

t: valor crítico.

T: n° de anos da série histórica.

4.5 Demandas Hídrica Consuntivas

Atualmente a emissão de outorga na Bahia é de competência do INEMA. Como todos os rios da bacia do rio de Contas são de domínio estadual, os dados de outorga foram obtidos deste órgão competente. O controle da outorga é realizado com o apoio de quatro sistemas, sendo eles: Sistema Estadual de Informações Sobre Recursos Hídricos (SEIRH-PROHIDROS), Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos (SEIA), Sistema de Gerenciamento de Controle de Outorga (SIGO) para captação e SIGO para Lançamento, aspectos quantitativos e quali-quantitativos respectivamente.

Os dados da bacia do rio de Contas foram solicitados via e-mail ao INEMA e após o recebimento, foram escolhidos apenas os da área de drenagem a montante do posto fluviométrico em estudo como critério foi selecionado as outorgas superficiais com validade vigente. A partir dos dados produziu a série histórica de vazão outorgada média anual (m^3/s).

Para analisar as vazões de referência e critérios para emissão de outorga nas águas de domínio do estado da Bahia, utiliza-se a Instrução Normativa SRH nº 01/2007, art 9º que faz uso das seguintes palavras:

Art. 9º Ficam estabelecidos, para o somatório das vazões a serem outorgadas, os seguintes limites, ressalvando o disposto nos planos de bacia: I - 80% (oitenta por cento) da vazão de referência do manancial, estimada com base na vazão de até 90% (noventa por cento) de permanência a nível diário, quando não houver barramento; II - 80% (oitenta por cento) das vazões regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais perenes; III - 95% (noventa e cinco por cento) das vazões

regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais intermitentes.

§ 1º - Nos casos de abastecimento humano, os limites dos incisos I e II poderão atingir até 95% (noventa e cinco por cento).

§ 2º - No caso do inciso II, a vazão remanescente de 20% (vinte por cento) das vazões regularizadas deverá escoar para jusante, por descarga de fundo ou por qualquer outro dispositivo que não inclua bombas de recalque.

§ 3º - O(s) usuário(s) proprietário(s) e/ou seu(s) anuente(s) não poderão receber outorga acima de 20% (vinte por cento) da vazão de referência de um dado manancial.

Sendo assim, os padrões apresentados foram utilizados a título de comparação com os resultados encontrados na outorgada, com o objetivo de analisar a vazão.

4.6 Análise da Influência na Alteração do Uso e Ocupação do Solo na Vazão

Foi realizado o mapeamento do uso e cobertura do solo na área de estudo com a finalidade de observar se as mudanças que ocorreram promoveram alguma alteração no regime fluviométrico da bacia em questão. Essa avaliação nas alterações ocorridas no uso do solo foi realizada com base nas informações que foram obtidas através do QGIS, tendo como referência imagens do MapBiomas. O uso da terra foi identificado conforme o ID que se encontra no código das classes da legenda e paleta de cores utilizadas na Coleção 6 do MapBiomas. A relação entre a vazão e a precipitação foi utilizada para verificar o comportamento do coeficiente de escoamento e evapotranspiração para serem feitas análises.

As informações obtidas foram tabuladas e analisadas em planilhas Excel o conjunto de dados passou por análises estatísticas

A análise de correlação foi empregada neste trabalho para medir o grau de associação, pois ela mede a relação entre duas variáveis. E para validar as hipóteses decorrentes das correlações foram utilizados o coeficiente de Pearson e o valor-p (GUAJARATI, 2011). Foram realizadas as correlações entre variáveis, testando seu nível de significância a 5% ($p < 5\%$) de probabilidade.

Uma vez que a intensidade da correlação de Pearson faz referência aos valores numéricos de (r). Segundo Vasconcelos (2015), o valor de r está sempre entre -1 e +1, com $r = 0$ correspondendo à não associação linear. Valores de r menor que 0 ($r < 0$) indicam uma associação negativa, desta forma à medida que x cresce, y decresce. Porém, quando o valor de r for maior que 0 ($r > 0$), temos uma correlação positiva e à medida que x cresce, y também cresce, serão diretamente proporcionais. Quanto maior o valor de r (positivo ou negativo),

mais forte será a associação entre as variáveis. Foram adotados conforme Menezes et al. (2014) e Dias (2018) os seguintes intervalos de grau de correlação (valores em módulo) – abaixo de 0,05: muito fraca; 0,05 a 0,20: fraca; de 0,20 a 0,30: fraca a moderada; de 0,30 a 0,70: moderada; de 0,70 a 0,80: moderada a forte; de 0,80 a 0,95: forte; acima de 0,95: muito forte.

O coeficiente de determinação (r^2) indica o quanto da variância da variável dependente (eixo Y), é explicado pela variável independente (eixo X). A relação foi: $Q_{méd}$ e C; Q_{15} e C; $Q_{máx}$ e C; Chuva do trimestre seco e Q_{15} ; Chuva do trimestre úmido e Q_{15} ; Chuva do trimestre úmido e $Q_{máx}$. Sua amplitude apresenta um intervalo de 0 a 1, valores próximos a 1 possibilitam que uma parcela maior da variância seja explicada pelo modelo de regressão, sendo como r coeficiente adimensional (SOUSA, 2016). Esta análise permite verificar a correlação das métricas associadas, possibilitando uma visão global do relacionamento entre os determinantes.

4.7 Relação Chuva-Vazão

A alteração na precipitação pode afetar a vazão e para verificar a situação, os resultados da análise entre a relação chuva-vazão foram tratados na forma de gráficos, permitindo, assim, a visualização conjunta das duas variáveis.

Os gráficos gerados foram construídos considerando-se a escala anual de cada posto pluviométrico comparados com o fluviométrico, tendo como ponto inicial o começo da estação chuvosa na bacia. Em síntese, a partir destes gráficos podem desenvolver algumas considerações acerca do fenômeno estudado e também a relação do escoamento na bacia, não apenas com a precipitação, mas também com o uso da terra e com as vazões outorgadas. Através da correlação linear, serão analisadas as diferentes variáveis dependentes e independentes, visando compreender a dinâmica existente entre essas variáveis.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Bacia Hidrográfica do Rio de Contas

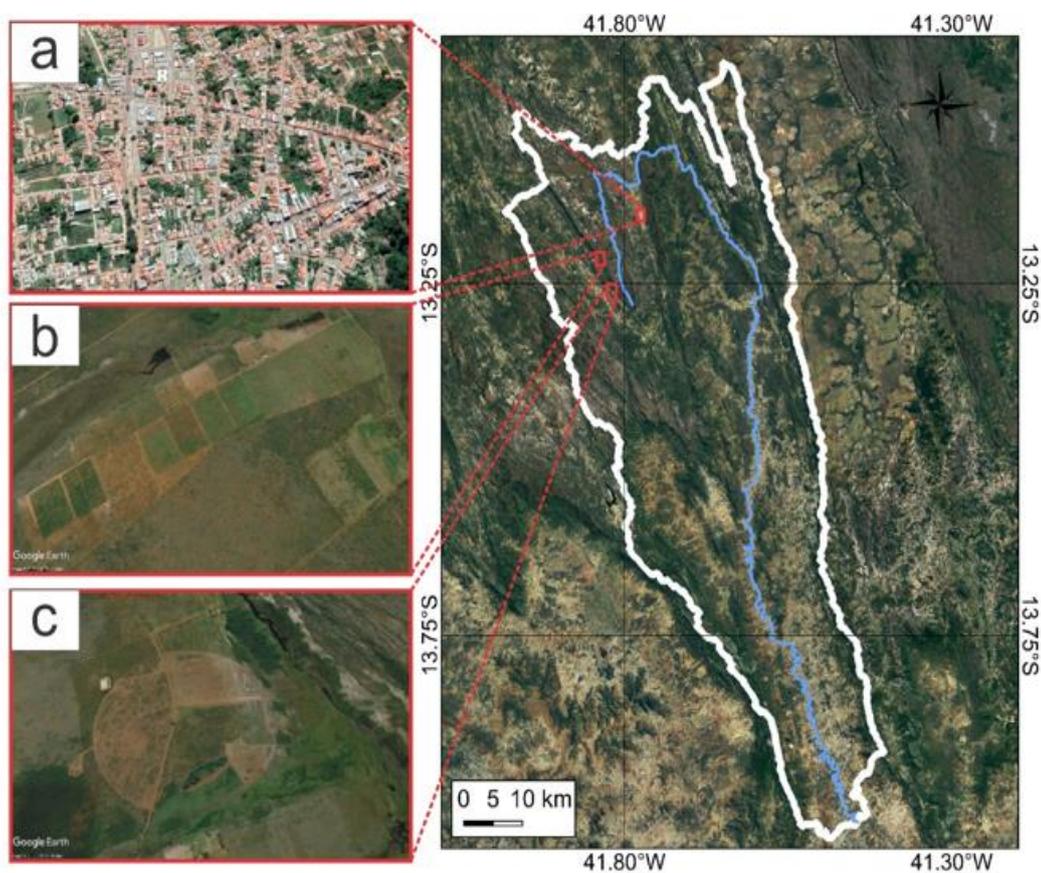
5.1.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo é 3.377,31 km², perímetro de 527,017 km e o comprimento do curso do rio é 213,657 km.

A Figura 5 mostra através da imagem de satélite um pouco sobre as características da área próximo a nascente, onde:

- A. Cidade a 1,73 km do rio principal, mas alguns de seus afluentes passam mais perto;
- B. 87,77 metros é a distância mínima entre as áreas plantadas e o curso hídrico reconhecido a partir das imagens de satélite;
- C. 251,66 metros é a distância mínima entre o círculo do pivô central e o curso do rio de Contas.

Figura 5. Característica da área de estudo



Fonte: Autora.

Na figura acima o curso do rio está destacado em azul, para a nascente deve-se manter uma faixa generosa de mata nativa ao entorno cercar para impedir acesso de animais. Notou-se que foi elaborado em junho de 2001 o decreto n° 7.968, referente a Área Estadual de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) - nascentes do rio de Contas e dá outras providências. Desenvolvida pela necessidade de estabelecimento das áreas protegidas dentro da categoria de uso sustentável, com objetivo de proteção da paisagem.

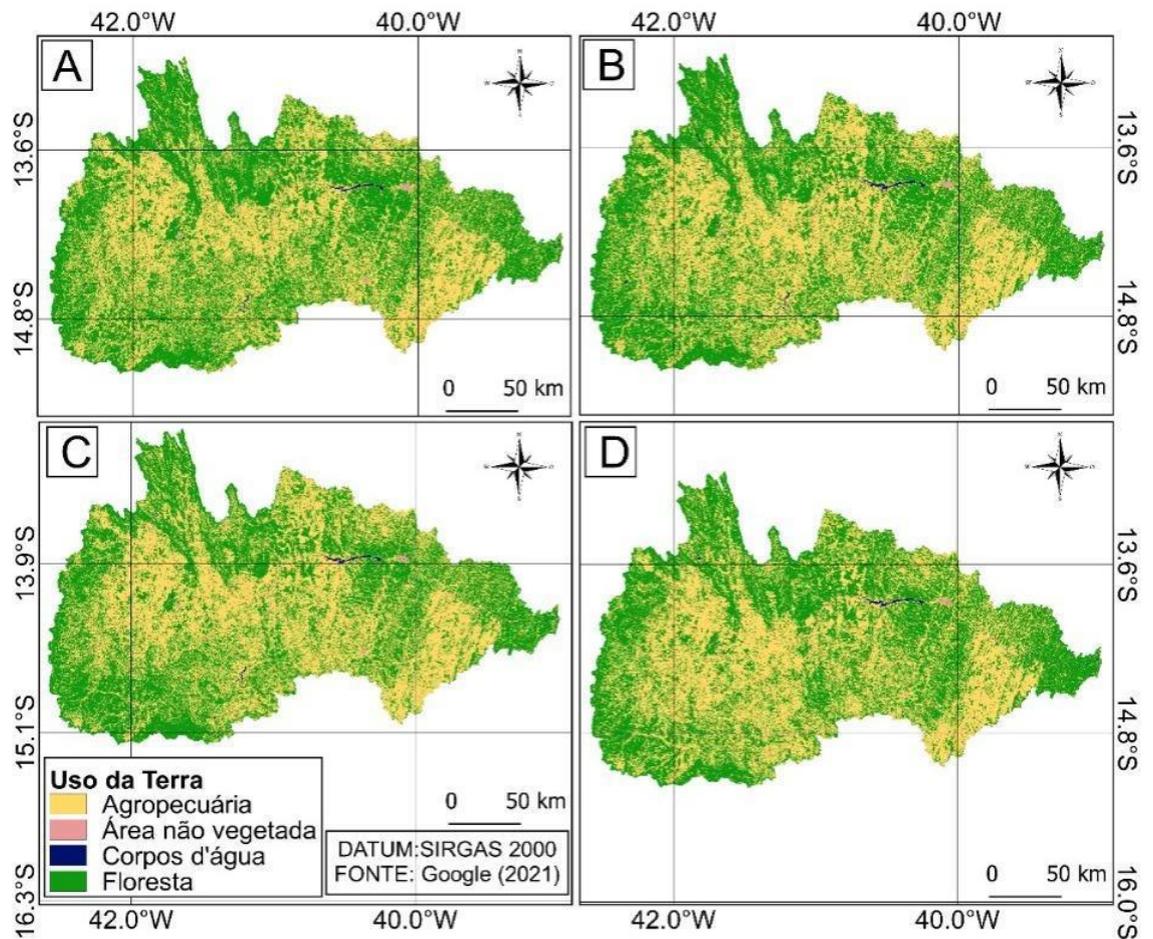
A área tem vegetação representada por grandes extensões de campo rupestre, campo cerrado com formações herbácea e arbustiva, ilhas de florestas estacionais e caatinga. Destaca-se como principais conflitos ambientais o desmatamento, queimadas e ocupação da APP (IMEMA, 2022).

5.2 Evolução Temporal da Cobertura e Uso do Solo

5.2.1 Cobertura e uso do solo da bacia do rio de Contas

Foi realizada uma análise da bacia toda do rio de Contas para selecionar a área de estudo. Na Figura 6, são quatro mapas em décadas diferentes de uso e ocupação da terra nos anos de 2015, 2005, 1995 e 1985, com a intenção de observar a condição de toda a bacia do rio de Contas. A área de floresta cresceu, aproximadamente 3% e conseqüentemente a área agropecuária foi reduzida.

Figura 6. Uso do solo, bacia do rio de Contas: A) 2015; B) 2005; C) 1995; D) 1985.



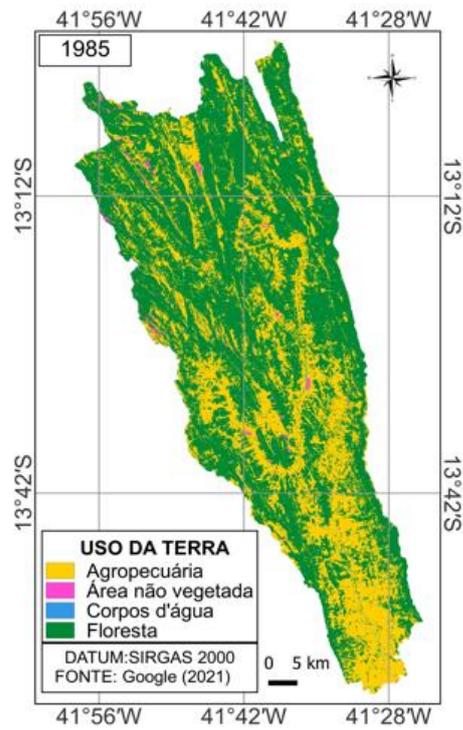
Fonte: Autora.

5.2.2 Cobertura e uso do solo da área de estudo

Após analisar a bacia completa do rio de Contas foi selecionada a área de estudo, devido a necessidade de entender como a nascente e sua proximidade se comporta. Visando identificar mudanças no uso e cobertura da terra na área de drenagem do posto fluviométrico com código 52090000 (Figura 7 a 12), foi realizado o mapeamento da região a partir dos dados do mapbiomas, para os anos de 1985, 1995, 2005, 2010, 2015 e 2020.

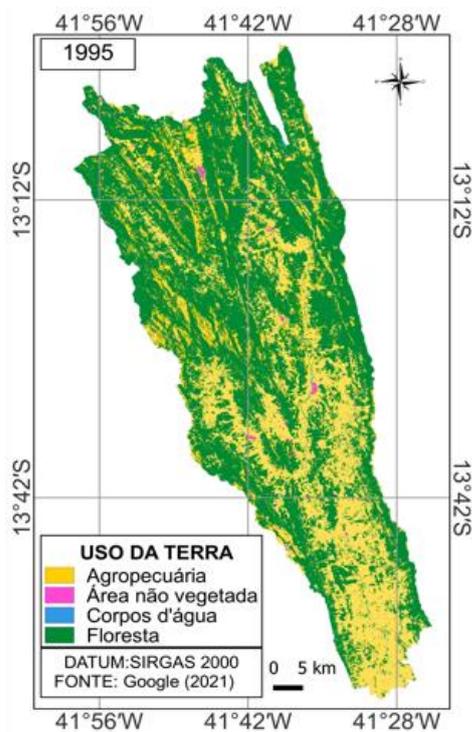
Observou-se, no período estudado, um aumento na área florestada. A classe que sofreu redução de área foi a agricultura. A área não vegetada e corpos d'água tiveram variabilidade no período estudado.

Figura 7. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 1985.



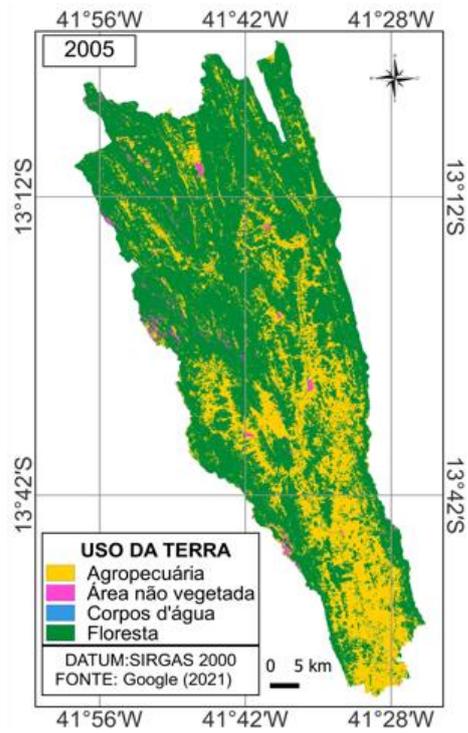
Fonte: Autora.

Figura 8. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 1995.



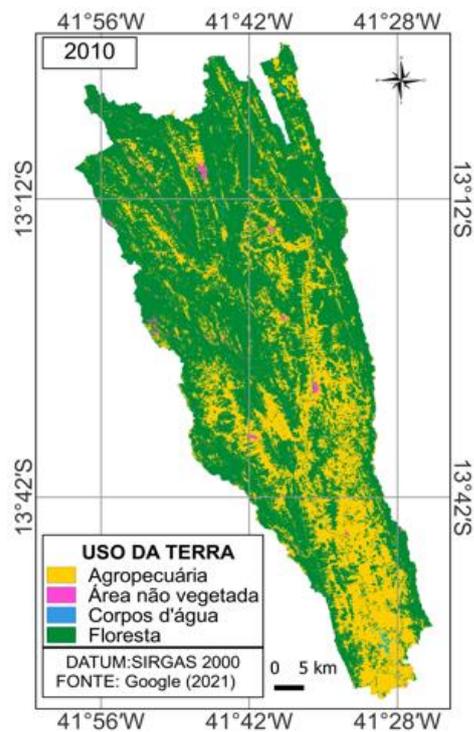
Fonte: Autora.

Figura 9. Uso e cobertura da terra na área de estudo para o ano de 2005.



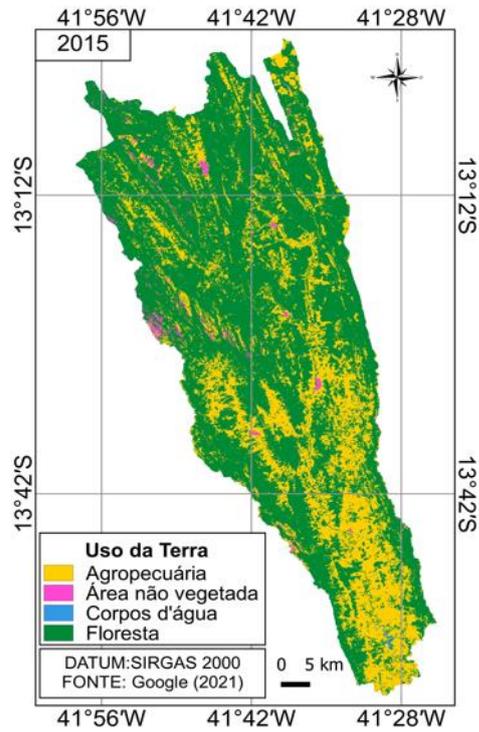
Fonte: Autora.

Figura 10. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 2010.



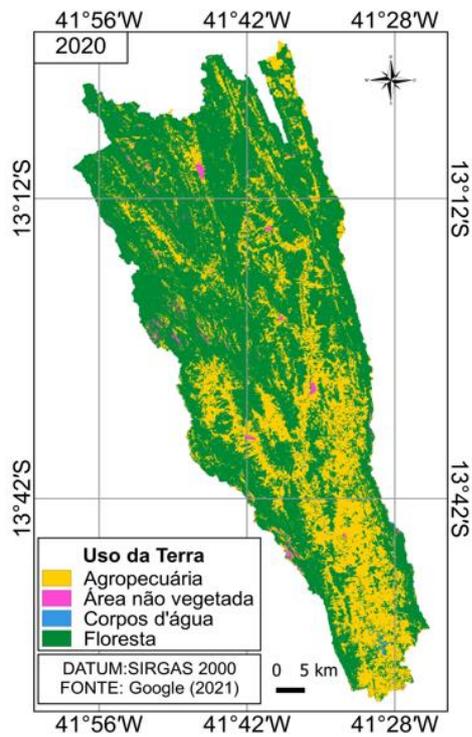
Fonte: Autora.

Figura 11. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 2015.



Fonte: Autora.

Figura 12. Uso e cobertura do solo na área de estudo para o ano de 2020.



Fonte: Autora.

Na bacia ocorreu um aumento da classe floresta, que passou de 1928,091 km² em

1985 (61,95%) para 2363,66 km² em 2020 (70,272%), da classe agricultura que passou de 1158,452 km² (37,22%) em 1985 para 981,16km² (29,17%) em 2020. As classes de área não vegetada e corpo d'água também tiveram modificações no período estudado, porém são alterações pouco significativas para a bacia: a área não vegetada passou de 21,993 km² em 1985 (0,7066%) para 24,20 km² em 2020 (0,719%). Corpo d'água 3,649 km² (0,1172%) em 1985 para 4,12 km² (0,123%) em 2020 (Tabela 3).

Tabela 3. Uso e ocupação do solo na área de estudo ao longo dos anos.

Ano/Classificação	Floresta	Não Vegetada	Corpo d'água	Agricultura	
1985	%	61,953	0,707	0,117	37,223
	km ²	1928,091	21,993	3,649	1158,452
1995	%	61,980	0,399	0,113	37,507
	km ²	2082,315	13,49	3,799	1260,093
2005	%	70,619	0,930	0,035	28,415
	km ²	2371,635	31,251	1,190	954,293
2010	%	69,964	0,491	0,175	29,369
	km ²	2359,955	16,590	5,897	990,661
2015	%	70,817	1,037	0,111	28,036
	km ²	2379,167	34,837	3,712	941,890
2020	%	70,272	0,719	0,123	29,170
	km ²	2363,66	24,20	4,12	981,16

Fonte: Autora.

A cobertura florestal teve um aumento no período estudado, podendo ter sido ocasionado pela importância da área de APP devido às nascentes, de forma que o cultivo da agricultura foi reduzido. Quanto ao corpo d'água, existe uma variabilidade durante cada época do ano, podendo reduzir ou aumentar devido os fatores naturais e consumo. A área não vegetada que são as praias, dunas, áreas urbanizadas dentre outros conforme coleção 6 do mapbiomas teve alteração durante os anos.

Sobre estudos relacionados a APP, alguns autores (MOREIRA et al., 2015; CAMPAGNOLO et al., 2017; DIAS 2018; CORRÊA; DIAS, 2021), têm constatado a classe agricultura na APP em diversas regiões do país. Sabe-se que a legislação não permite a explicação para a situação é que a agricultura é favorecida pela proximidade dos recursos hídricos. Nardini et al. (2015) e Almeida (2022) constataram que, o tipo de cobertura substituída e a gravidade do desflorestamento, que em muitos casos ocorrem pela agricultura e pastagem, atividades produtivas que desvalorizam a cobertura vegetal, principalmente quando se trata de regiões com APP, pois as florestas são necessárias para o ciclo

hidrológico, a regularização do fluxo da água e estabilidade, contribuindo para a infiltração da água no solo, na qualidade da água, na minimização dos processos erosivos, atenuam a lixiviação e servem de abrigo e alimento para fauna.

Portanto, deve-se aplicar uma visão estratégica em relação às conversões no uso e cobertura das regiões visando à gestão dos recursos hídricos, pois uma boa gestão em relação à água e o meio ambiente trará benefícios a população, com qualidade da água para consumo e estabilidade no regime de vazões (DING et al., 2015; DIAS, 2018).

5.3 Dados Hidrológicos da Área de Estudo

Na Tabela 4 são apresentados os postos de chuva utilizados no trabalho.

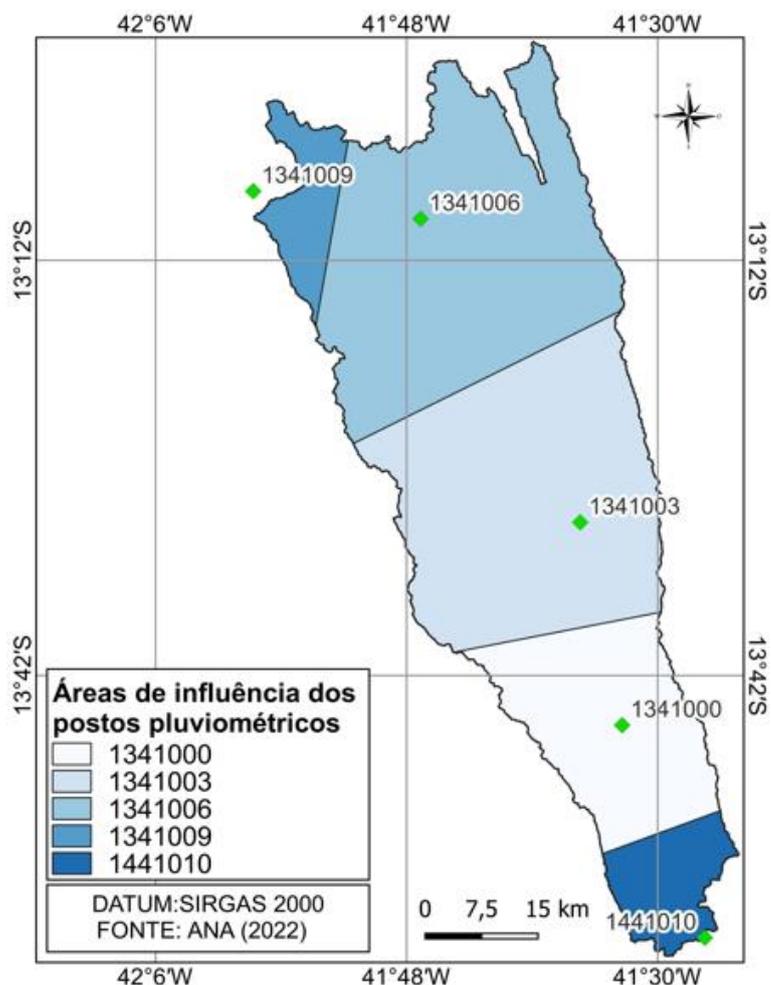
Tabela 4. Postos de chuva utilizados.

CÓDIGO	LAT.	LONG.	OPERADOR	NOME	ANO
1341000	-13,76	-41,5425	SUDENE	Tranqueiras	1964-1991
1341003	-13,5156	-41,5925	SUDENE	Jussiape	1964-1991
1341006	-13,15	-41,7833	DNOCS	Piatã (Anchieta)	1918-1991
1341009	-13,1167	-41,9833	DNOCS	Inubia (Ipiranga)	1911-1991
1441010	-14,0161	-41,4436	SUDENE	Cristalândia (Cristais)	1964-1998

Fonte: Autora.

A localização dos postos segue na Figura 13, que apresenta o mapa com a área de influência de cada posto pluviométrico, utilizadas para calcular a precipitação da bacia através do método de Thissen.

Figura 13. Área de influência das estações pluviométricas.



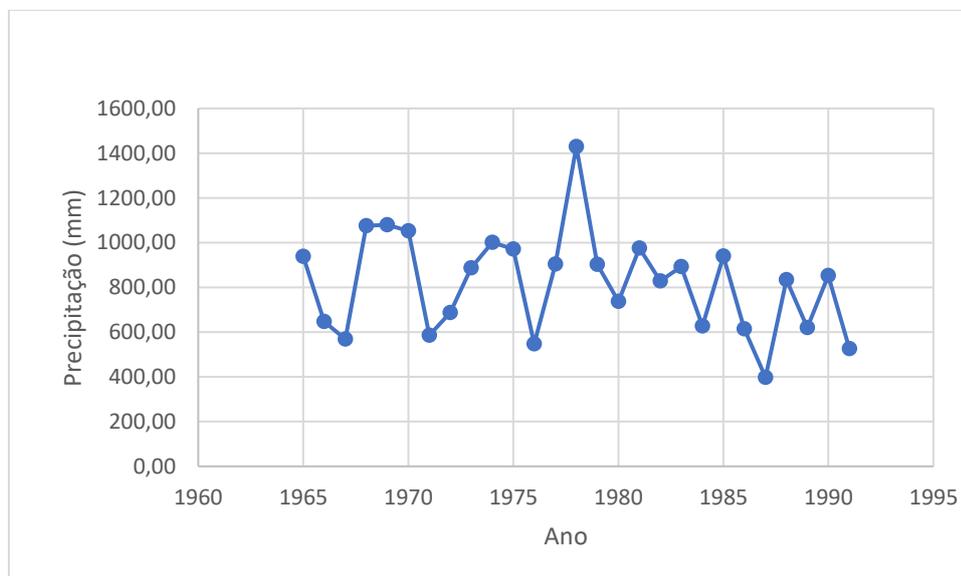
Fonte: Autora.

Durante o período analisado (1964-1991), a precipitação anual total da bacia pode ser visualizada na Figura 14, onde verifica-se que 1978 é o ano de maior precipitação, com valor de 1430,20 mm, seguido os anos de 1969, 1968 e 1970 com precipitações de 1079,21 mm, 1075,52 mm e 1052,81 mm, respectivamente. E menor valor observado em 1987 com valor de 398,02 mm. O valor da média histórica da precipitação corresponde a 819,62 mm.

Observa-se que o valor está de acordo com dados do DNOCS (1994), onde foi encontrado 756 mm como dado da precipitação média anual para o rio Brumado, que também nasce na área da Chapada Diamantina e se enquadra como uma das principais sub-bacias do rio de Contas. Médias semelhantes foram encontradas para as estação SUDENE - postos 1341002 (latitude de -13.568005° e longitude -41.816992°); estação DNOCS, (latitude de -13.566699° e longitude -41.816701°) localizados no rio Brumado o posto 1341002 apresentou uma média de 828,3 mm, e estação DNOCS (não informa o n° do posto)

apresentou uma média anual de 767,6 mm, sendo em ambos os períodos de maiores médias os meses de novembro a março e menores médias os meses entre abril e outubro (NUNES, 2018).

Figura 14. Precipitação anual na área de estudo.

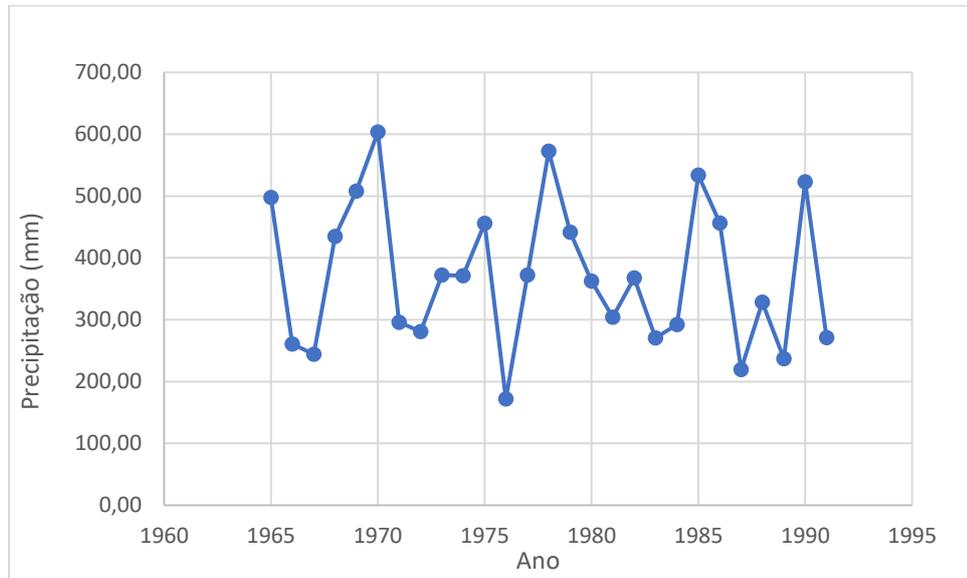


Fonte: Autora.

A média histórica da precipitação mensal na bacia é de 67,76 mm. O ano hidrológico começa em novembro e os meses úmidos são: novembro, dezembro e janeiro. Os que são considerados secos são: junho, julho e agosto. Os dados obtidos seguem em concordância com Araújo e Rodrigues (2000), onde afirma que, na região da Chapada Diamantina (área do posto fluviométrico 5209000) o período de maior ocorrência de chuvas tem início em novembro, com máxima em dezembro.

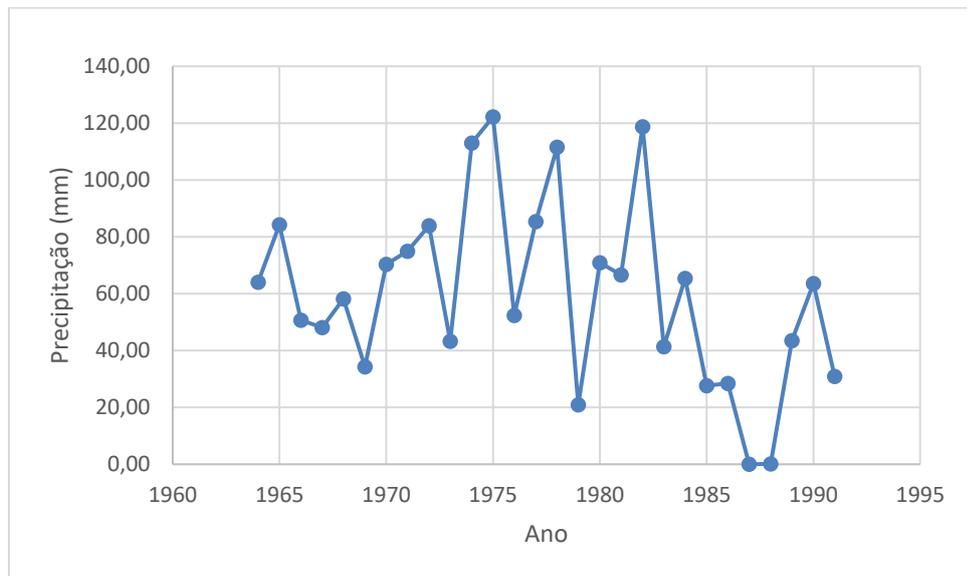
A precipitação do trimestre úmido em 1970 destacou-se com 603,47 mm e menor em 1976 com 171,99 mm e trimestre seco em 1975 e 1987 com respectivos valores de 122,20 mm e 0,00 mm conforme pode ser visto nas Figuras 15 e 16, a média histórica do trimestre seco corresponde a 60,70 mm e do úmido 372,24 mm.

Figura 15. Precipitação do trimestre úmido da área de estudo.



Fonte: Autora.

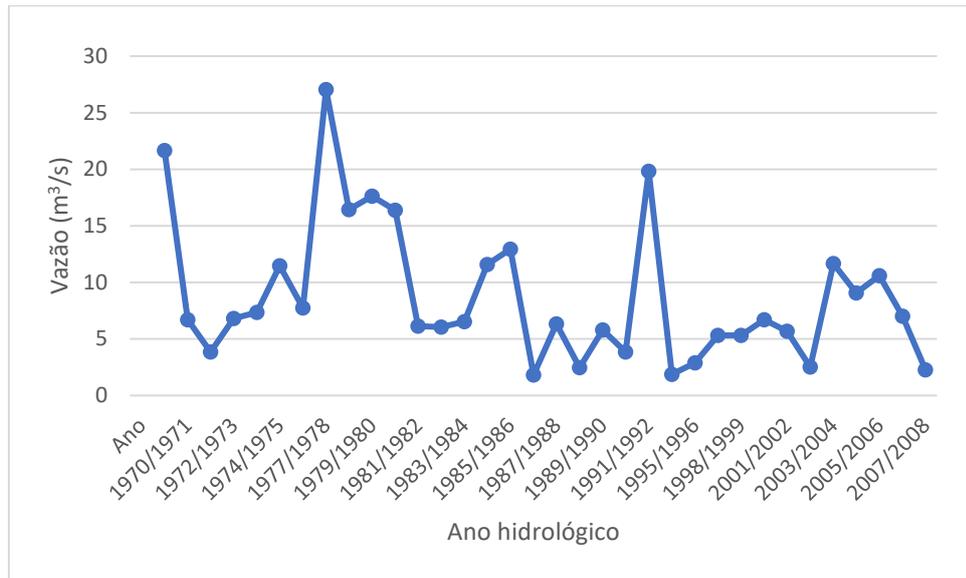
Figura 16. Precipitação do trimestre seco da área de estudo.



Fonte: Autora.

A Figura 17 ilustra a vazão média anual para o posto fluviométrico 5209000, exutório da área de estudo (série histórica de 1969-2008). Verificou-se que a maior vazão ocorre em 1977/1978 com valor de $27,05 \text{ m}^3/\text{s}$ e menor vazão em 1986/1987 com $1,83 \text{ m}^3/\text{s}$ e em 1994 com $1,88 \text{ m}^3/\text{s}$, a sua vazão média histórica no período foi de $8,75 \text{ m}^3/\text{s}$.

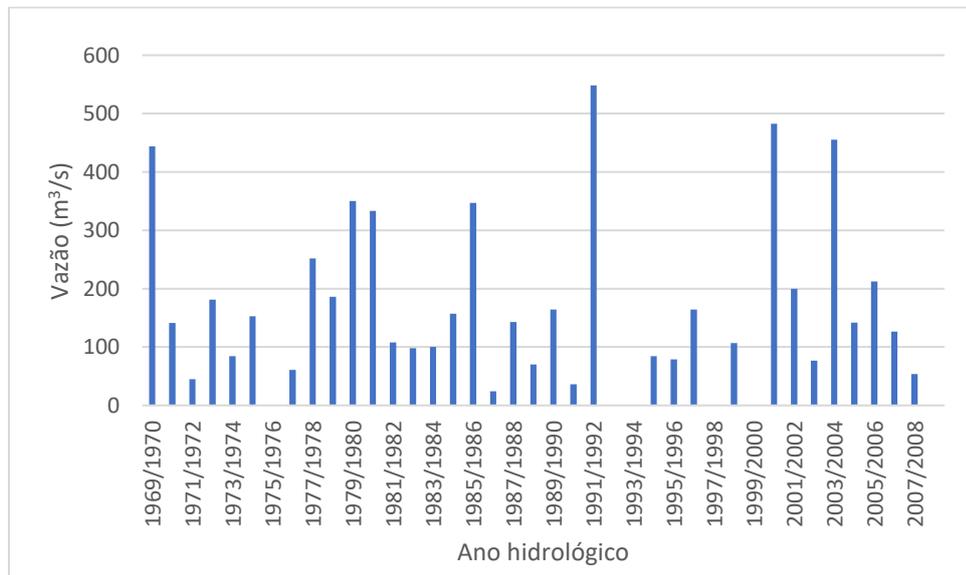
Figura 17. Vazão média anual.



Fonte: Autora.

A vazão máxima anual se destacou em 1992 e 2000 respectivamente 548,00 m³/s e 482,74 m³/s. A Figura 18 mostra a vazão máxima anual para a área em estudo.

Figura 18. Vazão máxima diária anual da área de estudo.

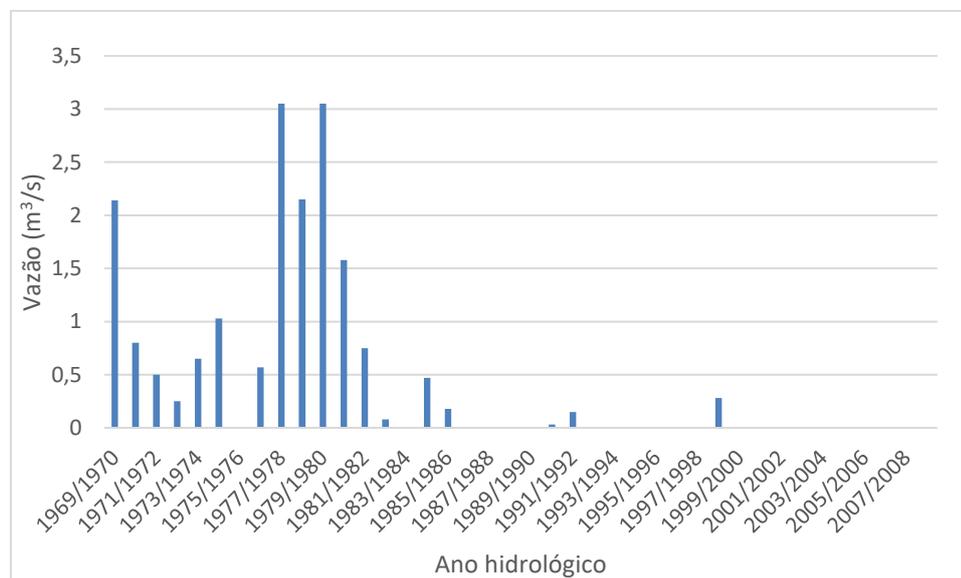


Fonte: Autora.

A vazão mínima de 15 dias consecutivos mostra o comportamento do escoamento básico pode-se verificar na Figura 19 que, dentre os dados em 1977 e 1980, o valor da vazão mínima foi 3,05 m³/s. Em 1976, não há informação de dados. A série começou a ser

intermitente em 1987, exceto nos anos de 1991, 1992 e 1999.

Figura 19. Vazão mínima da área de estudo.



Fonte: Autora.

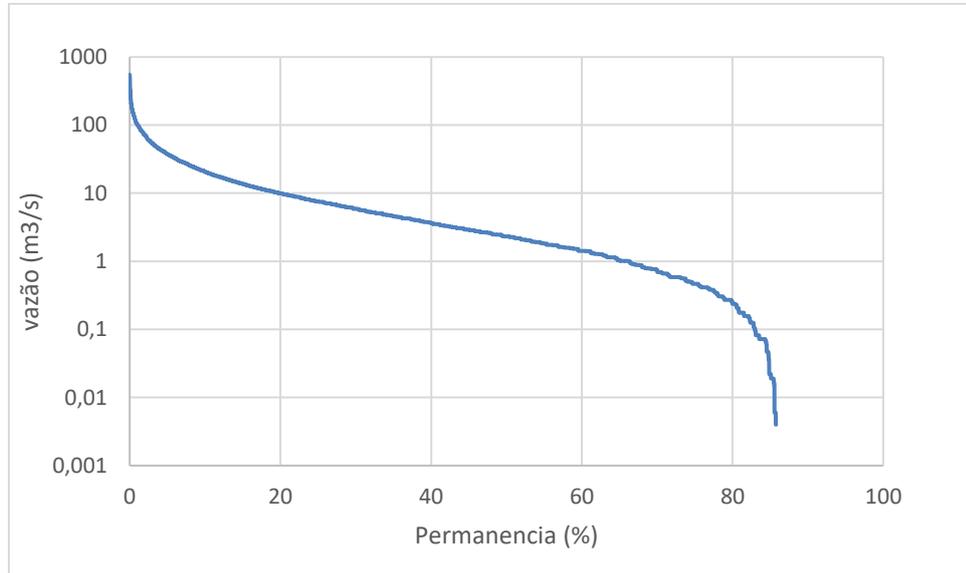
O comportamento da vazão mínima poderia ser comparado ao uso do solo, mas percebe-se que a área florestada tem uma mudança muito pouca durante os anos analisados então a evapotranspiração que poderia resultar no aumento da demanda hídrica e insignificante para essa área.

A Figura 20 representa o gráfico da curva de permanência contínua da área de estudo. Nota-se que o valor da Q_{90} é de zero. A partir da curva de permanência observa-se que em 14% do tempo esse trecho do rio de Contas está seco, uma vez que a menor vazão não nula observada tem permanência de 85,79%.

Sendo um rio intermitente que para de fluir e seca durante períodos do ano, quer seja de clima mediterrânico, árido ou semi-árido, a disponibilidade da água é reduzida. Estão associados a áreas de baixa precipitação e alta evaporação e, em geral, apresentam duas fases de perturbações hidrológicas extremas: cheia e seca (LAKE, 2003). A escassez da água em período seco associada ao processo natural de evapotranspiração, conduz a uma baixa capacidade de diluição, podendo resultar numa deterioração da qualidade da água e eliminação das comunidades biológicas naturais (GASITH; RESH, 1999). Quando a quantidade de água disponível não é permanente a disponibilidade hídrica é nula, nesse caso os reservatórios artificiais são os responsáveis pela regularização interanual dos deflúvios

naturais, oferecendo uma reserva de água ao longo do ano.

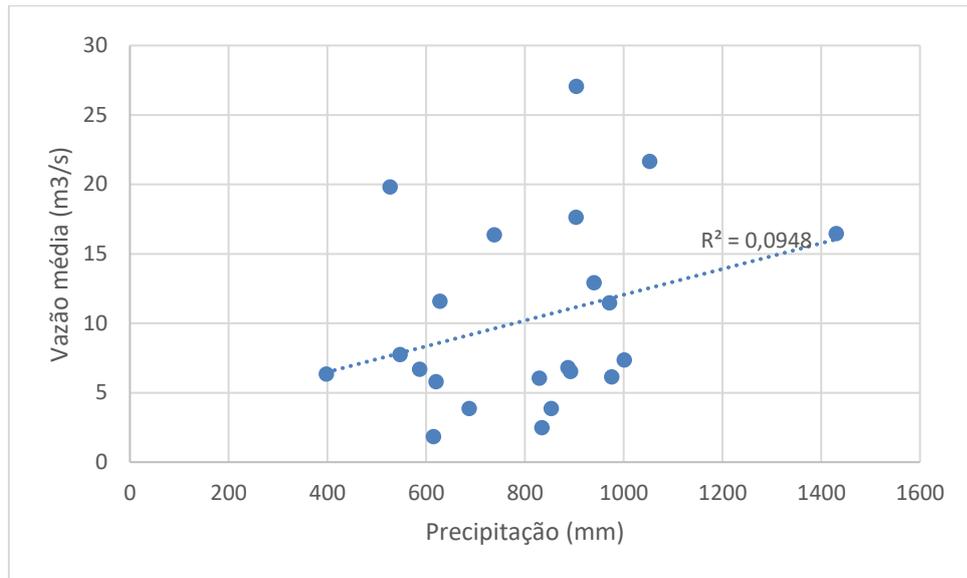
Figura 20. Curva de permanência contínua da área de estudo.



Fonte: Autora.

A correlação entre chuva e vazão (Figura 21) demonstra que à medida que precipitação anual total cresce o volume na vazão média também aumenta, as duas variáveis caminham no mesmo sentido. O comportamento diferenciado em certos anos quando comparado aos demais pode ser justificado por fatores ligados a consistência dos dados coletados em cada uma delas, azares climáticos que influenciam na quantidade e intensidade das chuvas, o período de retardo, o uso e ocupação do solo e cobertura vegetal, as condições edáficas, influenciam no processo de escoamento das águas, gerando picos ou baixas nos volumes de vazões da área de estudos. O valor de R é igual a 0,456, sendo uma correlação moderada.

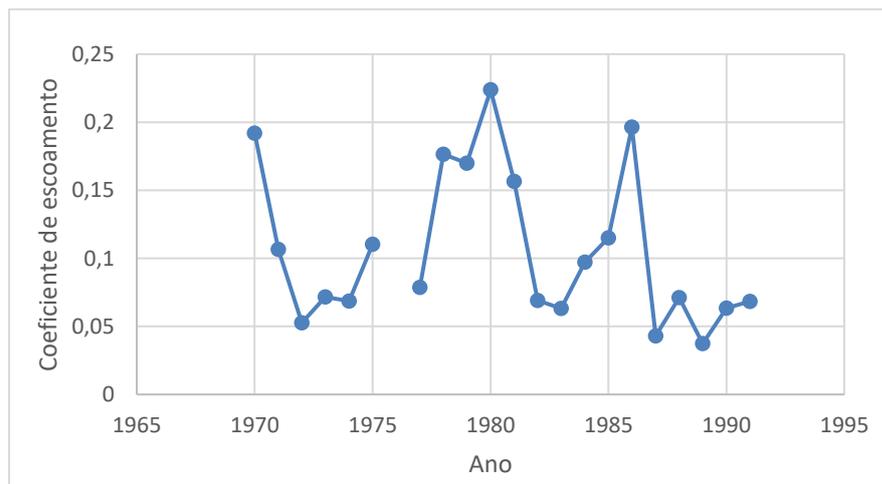
Figura 21. Relação chuva vazão média.



Fonte: Autora.

A partir dos valores de chuva (mm) e vazão (mm) calculou-se o coeficiente de escoamento e a evapotranspiração. Os resultados são mostrados nas Figuras 22 e 23. Segundo Tucci et al. (2015), os valores típicos de bacia rural para C variam de 0,05 e 0,2 conforme a tabela de valores adotada pela prefeitura de São Paulo, mantendo-se de acordo com o trabalho.

Figura 22. Coeficiente de escoamento da área de estudo.



Fonte: Autora.

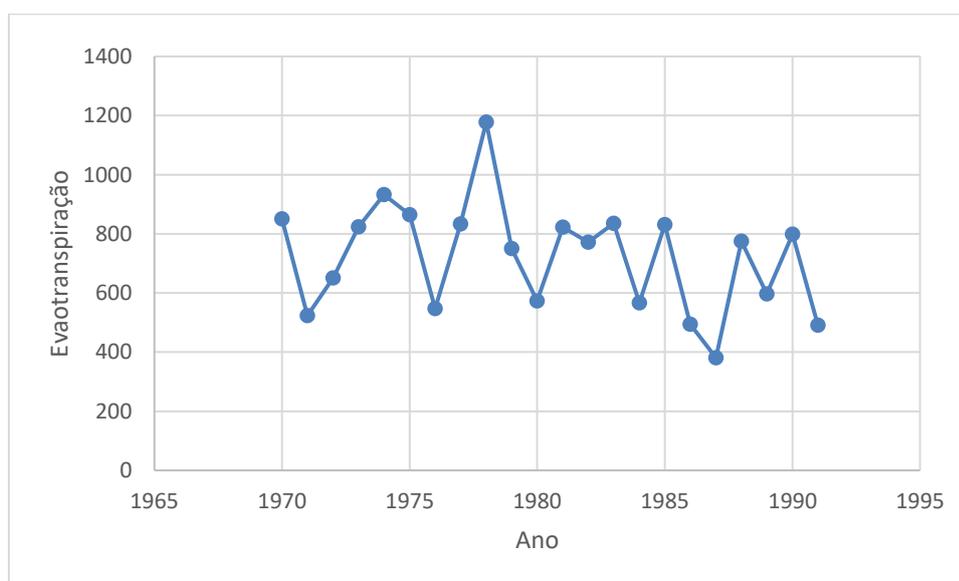
Percebe-se que a variabilidade da geração de escoamento superficial segue

semelhante a variação pluviométrica, devido a área de influência dos postos pluviométricos ter diferentes comportamentos (área de APP, cidades, agropecuária dentre outros) observa-se que em alguns pontos quanto maior o total precipitado maior a porção desse total deve ser transformada em escoamento superficial. O percentual mínimo ocorre entre os anos de 1985 a 1990 destaca-se o ano de 1987 com total precipitado de 398 mm, enquanto o percentual máximo acontece entre os anos de 1975 a 1980 de precipitação e de escoamento.

Com o trabalho de Araújo Neto et al. (2013), pode ser verificado que quando chove muito o escoamento é maior, sendo proporcional. Eles encontraram comportamento diferente para duas bacias experimentais localizadas no semiárido cearense. Uma das bacias foi mantida com vegetação natural (caatinga) e a outra teve a vegetação modificada (com eliminação de algumas árvores). Eles constataram que a bacia com vegetação nativa gerou mais escoamento, mas também em termos de quantidade de eventos chuvosos que ocasionaram formação de escoamento.

No estudo de Santos et al. (2011), os autores observaram na bacia experimental de São João do Cariri (PB) que o escoamento superficial na cobertura vegetal do tipo caatinga é menor do que em áreas com cobertura desmatada, e que em solo desmatado a taxa de infiltração é menor que o escoamento superficial.

Figura 23. Evapotranspiração da área de estudo.



Fonte: Autora.

Ao longo desse período (1970 a 1991), a ET variou de 380 a 1177 mm, enquanto a

precipitação anual sobre a bacia varia de 398 a 1430 mm. Observa-se a variabilidade da ET relacionada à variabilidade da precipitação. Isso é esperado, já que o potencial evapotranspirativo típico da região semiárida é mais ou menos atendido conforme maior ou menor ocorrência de chuvas ao longo do ano. Tal resultado se mostra coerente com o trabalho de Félix e Paz (2016), onde verificou-se que para a bacia do Rio Piancó (PB), rio intermitente em região semiárida, a variabilidade interanual da ET está fortemente associada à precipitação.

5.4 Análise de Tendência das Séries

Os resultados dos testes são apresentados através dos valores-p, tendo em vista que a hipótese nula assume a estacionariedade das séries, quanto menor forem os p-valores maiores são as evidências de não-estacionariedade.

O teste de Pettitt mostrou que ocorreu um ponto de mudança nas séries: chuva do trimestre seco; vazão média e vazão mínima, conforme Tabela 5. O teste de Pettitt mostrou que o ponto de mudança na série de chuva no trimestre seco ocorreu no ano de 1982, e na de vazão média e de vazão mínima em 1987 e 1983, respectivamente.

De acordo com Reis et al (2019), que também estudou a série de vazão do posto 52090000 rio de Contas, a mudança de tendência nesse posto fluviométrico consiste no elevado consumo de água, constata-se que são fortes as evidências de que a mudança no regime é devido ao consumo de água.

Tabela 5. Testes de Pettitt.

Dados	Período de teste	Valor-p	Resultado Pettitt
Chuva anual	1970-1991	0,2199	Homogênea
Chuva trimestre úmido	1970-1991	0,9563	Homogênea
Chuva trimestre seco	1970-1991	0,0189	Não homogênea
Vazão média	1970-2009	0,0128	Não homogênea
Vazão máxima anual	1970-2009	1	Homogênea
Vazão mínima (Q ₁₅)	1970-2009	8,20E-05	Não homogênea
Coefficiente de escoamento	1970-1991	0,3063	Homogênea
Evapotranspiração	1970-1991	0,2519	Homogênea

Fonte: Autora.

Tabela 6. Resultados do teste de Mann-Kendall e a indicação da tendência como crescente (▲) ou decrescente (▼)

Dados	Período de teste	Valor-p	Resultado Mann-Kendall
Chuva anual	1970-1991	0,0711	Estacionaria
Chuva trimestre úmido	1970-1991	0,3377	Estacionaria
Chuva trimestre seco	1970-1991	0,0153	Não Estacionaria (▼)
Vazão média anual	1970-2009	0,02351	Não Estacionaria (▼)
Vazão máxima anual	1970-2009	0,9409	Estacionaria
Vazão mínima (Q ₁₅)	1970-2009	2,67E-06	Não Estacionaria (▼)
Coefficiente de escoamento	1970-1991	0,31	Estacionaria
Evapotranspiração	1970-1991	0,1019	Estacionaria

Fonte: Autora

A chuva anual permanece estacionária o que já era esperado devido alguns trabalhos realizados na região. Segundo o trabalho de Simões e Silva (2015), foram coletados 180 postos pluviométricos distribuídos espacialmente no estado da Bahia e conforme o teste de Mann-Kendall para os níveis de significância de 5 e 10%, permite inferir que no estado não foi detectado alteração no regime de precipitação total anual para as estações estudadas, de acordo com os níveis de significância adotados. Em estudo realizado por Reis et al (2019) no posto 1441000 no Alto rio de Contas não existe mudança de tendência significativa nas séries anuais de precipitação no período de 1940 a 2018.

A leve redução da chuva anual pode estar ocorrendo devido à diminuição significativa da chuva do trimestre seco, dado que a chuva do trimestre úmido permanece estacionária. Portanto essa situação pode trazer como consequência uma maior necessidade de utilização da água para as culturas agrícolas da região, o que pode levar a um aumento da solicitação de outorgas para irrigação.

A tendência de diminuição da $Q_{méd}$ pode ser devido à diminuição significativa da vazão mínima (Q₁₅). O resultado está coerente com a diminuição da chuva do trimestre seco. Nota-se, portanto que o provável aumento da demanda hídrica para irrigação no trimestre seco não poderá ser atendido por captações superficiais e sim por subterrâneas.

A diminuição da $Q_{méd}$ não foi suficiente para provocar uma diminuição significativa do C porque a chuva anual vem apresentando leve tendência de queda, a qual ainda não se mostrou significativa estatisticamente.

A estacionariedade observada nas séries do C e da ET estão coerentes com os resultados obtidos da variação do uso solo na bacia. A substituição de áreas agrícolas por floresta foi pouco representativa em termos percentuais (cerca de 8%) e também não foi

suficiente para elevar ET da região nem a transformação de chuva em vazão, o que se esperaria em uma bacia que substitui agricultura por floresta (DIAS, 2018).

Foram analisados os pontos de mudança (Tabela 7) encontrou estacionariedade através do teste de Mann-Kendall em todos os dados.

Tabela 7. Resultados do teste de Mann-Kendall por subamostra e a indicação da tendência como crescente (▲) ou decrescente (▼).

Dados	Período de teste	Valor-p	Resultado Mann-Kendall
Chuva trimestre seco sub. a	1970-1982	0,7603	Estacionária
Chuva trimestre seco sub. b	1983-1991	1	Estacionária
Vazão média sub. a	1969-1986	0,7108	Estacionária
Vazão média sub. b	1987-2009	0,4409	Estacionária
Vazão mínima (Q ₁₅) sub. a	1970-1983	0,9027	Estacionária
Vazão mínima (Q ₁₅) sub. b	1984-2009	0,09508	Estacionária

Fonte: Autora.

O período de mudança de tendência identificada no teste de Pettitt, coincide com o período de intensificação da irrigação no Brasil, a partir das décadas de 1970 e 1980, tendo contado com o incentivo de programas governamentais, tais como: Programa de Integração Nacional (1970), Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação - PROFIR (1982), Programa Nacional de Irrigação - PRONI (1986) e Programa de Irrigação do Nordeste - PROINE (1986) (ANA, 2017).

O Nordeste sofreu uma seca plurianual entre os anos de 1979 e de 1983, que afetou grande número de pessoas no semiárido e produziu vários impactos na agricultura e na pecuária. Já nos anos de 1986 e 1987 houve outra seca na região, representando uma área considerável de 20,78% (MARENGO et al., 2016).

Na Tabela 8 é apresentado o valor da vazão de permanência Q₉₀ para as duas subamostras, separadas no ano de 1987, conforme determinado pelo teste de Pettitt para vazão média anual. Percebe-se que o rio de Contas, que era perene no período 1969-1986, tornou-se temporário a partir de 1987.

Tabela 8. Valor da Q_{90} para as duas subamostras.

Subamostras	Q_{90} (m ³ /s)
1969-1986	0,8760
1987-2009	0

Fonte: Autora.

Segundo Guimarães (2017), para a região do oeste da Bahia (aquífero Urucuia) foram feitos comparativo das vazões antes e depois da década de 1980 onde observaram diferenças de vazão, que não foram por causa do regime de chuvas na região, o trabalho mostra que há um rebaixamento no nível das águas, problemas com redução de vazão gerado pelo sistema de irrigação das empresas de agronegócio.

Já no rio Arrojado, integrante da bacia do rio Corrente um afluente do São Francisco em Correntina, extremo oeste baiano, aquífero Urucuia, em 2015 o comitê da bacia do rio Corrente expediu uma deliberação para que não houvesse novas concessões para uso de recursos hídricos da bacia, pois foi constatado que há empreendimentos que, com 12 bombas de captação de água ligadas por 12 minutos, reduzem o nível de água do rio em 15 centímetros. Também foi determinado que deverão ser revisadas pelo INEMA as outorgas existentes emitidas para grandes empreendimentos na bacia do Corrente (CORREIO, 2017).

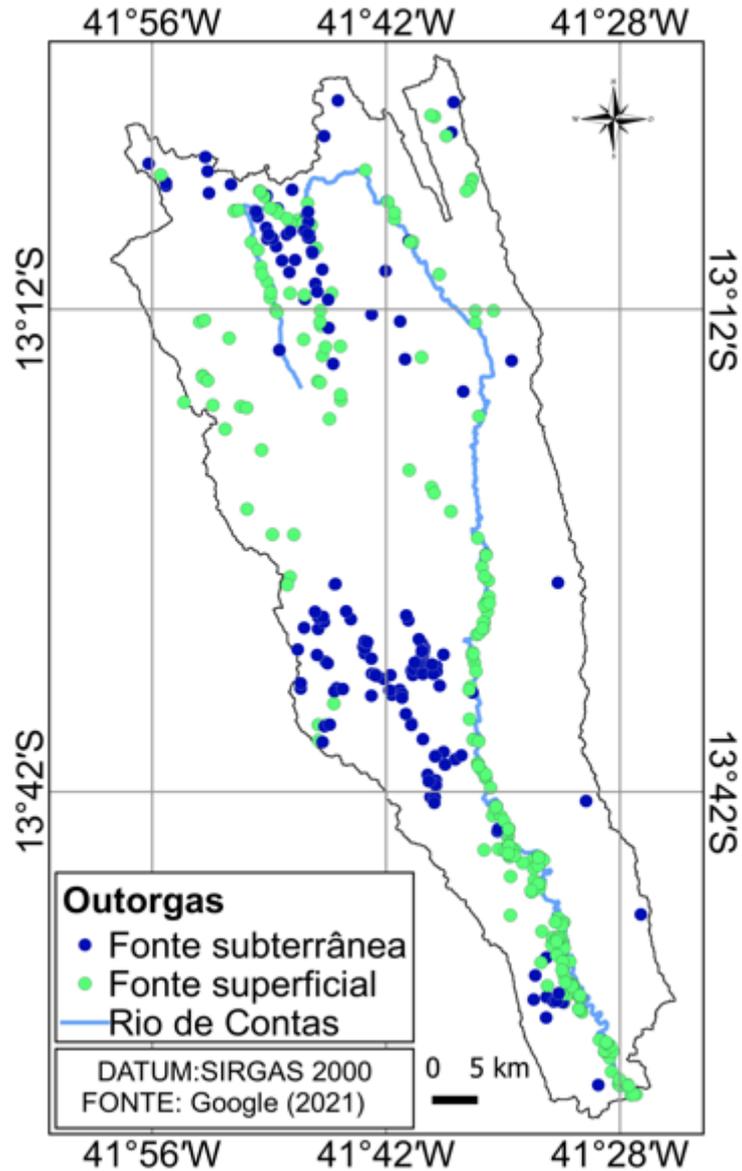
Isso mostra o quanto são necessários critérios para utilização da água, emissão da outorga e fiscalização, principalmente em rios temporários. Na resolução n° 141, de 10 de julho de 2012 que trata sobre o uso de água nos rios temporários, o art. 11 informa que na regularização do uso da água em rios intermitentes devem ser considerados o cadastramento dos usuários e o monitoramento qualitativo e quantitativo. O art. 5 informa que deverão ser consideradas as características regionais para análise de pedido da outorga (BRASIL, 2012).

A aplicação desse monitoramento em corpos hídricos intermitentes, ainda que a necessidade do tratamento específico seja pronunciada na legislação, pouco tem sido discutida e aplicada. Tal situação leva a um aproveitamento do instrumento e prejuízo ambiental.

5.5 Demandas Hídrica Consuntivas

Os dados de outorgas da bacia do rio de Contas foram solicitados ao órgão competente e recebido através do e-mail, utilizou-se o QGIS para coletar apenas os pontos da área fluviométrica e dividiu em superficial e subterrânea, Figura 24.

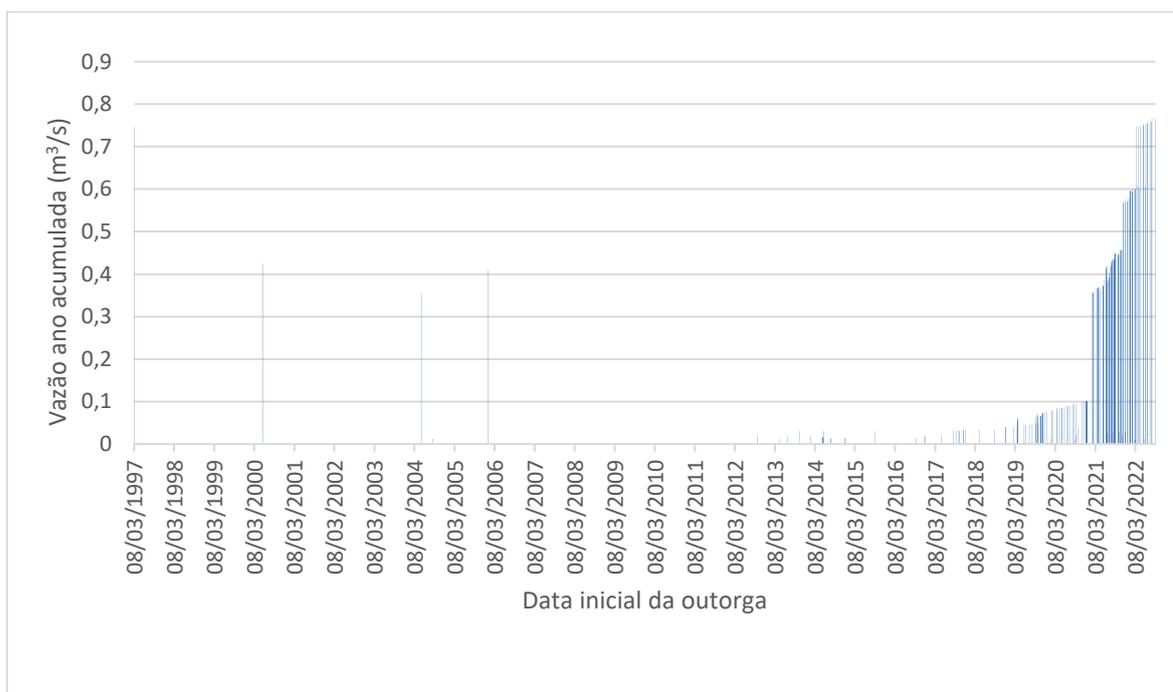
Figura 24. Pontos de outorgas superficiais e subterrâneas da área de estudo.



Fonte: Autora.

Para a realização das correlações foram analisadas as outorgas superficiais (Figura 24), separadas as outorgas em vigentes e não vigentes conforme a data de término do prazo. A maior parte das autorizações começaram no ano de 2013, visto que a partir de 2019 ocorreram mais solicitações. A vazão média anual outorgada na área de estudo é $0,766 \text{ m}^3/\text{s}$, significando que 766 l/s já foram outorgados, 30,2% do tempo, o rio tem menos água do que já foi outorgado (Figura 25).

Figura 25. Outorga superficial vigente.

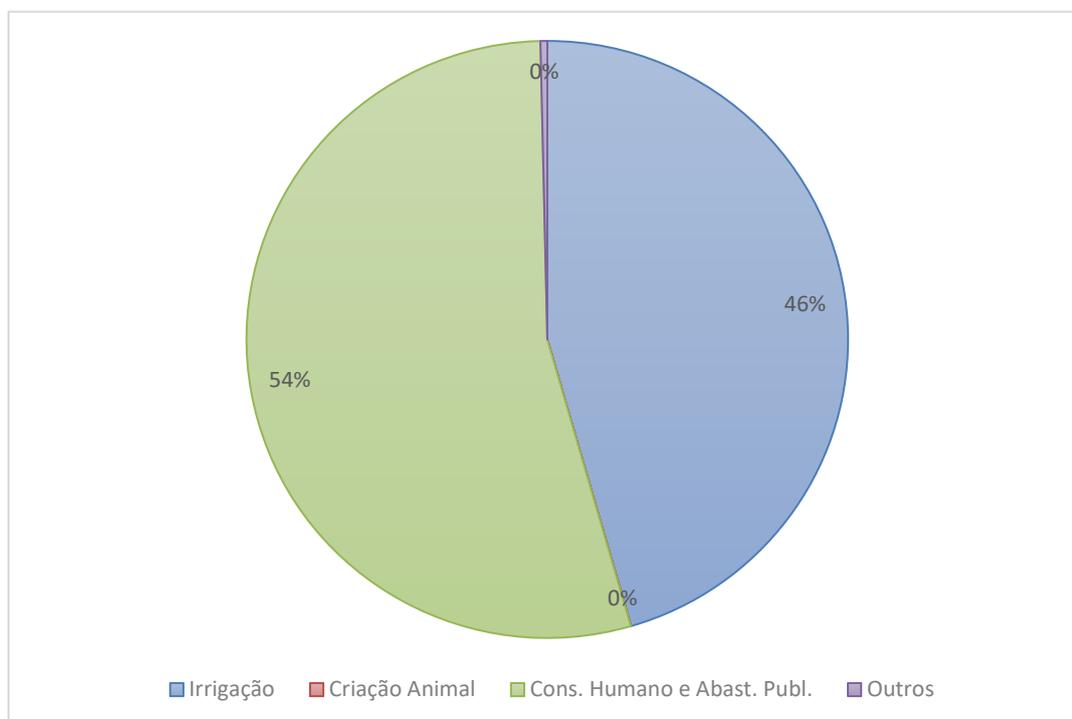


Fonte: Autora.

As outorgas foram separadas por finalidade de uso (Figura 26). Dentre as superficiais destacam-se o consumo humano e abastecimento público com uma vazão média anual de $0,415 \text{ m}^3/\text{s}$ e a irrigação com $0,349 \text{ m}^3/\text{s}$. É importante destacar que esses valores foram calculados através da base de dados das outorgas emitidas pelo INEMA como visto anteriormente.

O trabalho de Braga (2021), sobre enquadramento de rios e gestão de recursos hídricos da bacia total do rio de Contas, informa que os usos da água estão pulverizados ao longo da bacia e uma das maiores demandas de uso percentual da água por categoria é a irrigação com 71.5% (e deve-se considerar ainda que os dados sobre usuários de água na bacia são insuficientes).

Figura 26. Distribuição percentual das outorgas emitidas em termos de vazão



Fonte: Autora.

A quantidade de outorga superficial aumenta embora a área para agricultura tem recebido uma pequena diminuição, o que pode ser devido o tipo de cultivo que está sendo plantado ou aumento populacional. Não aumentou o uso de solo (como foi visto na tabela uso e ocupação do solo) suficiente para justificar ou correlacionar o comportamento das vazões.

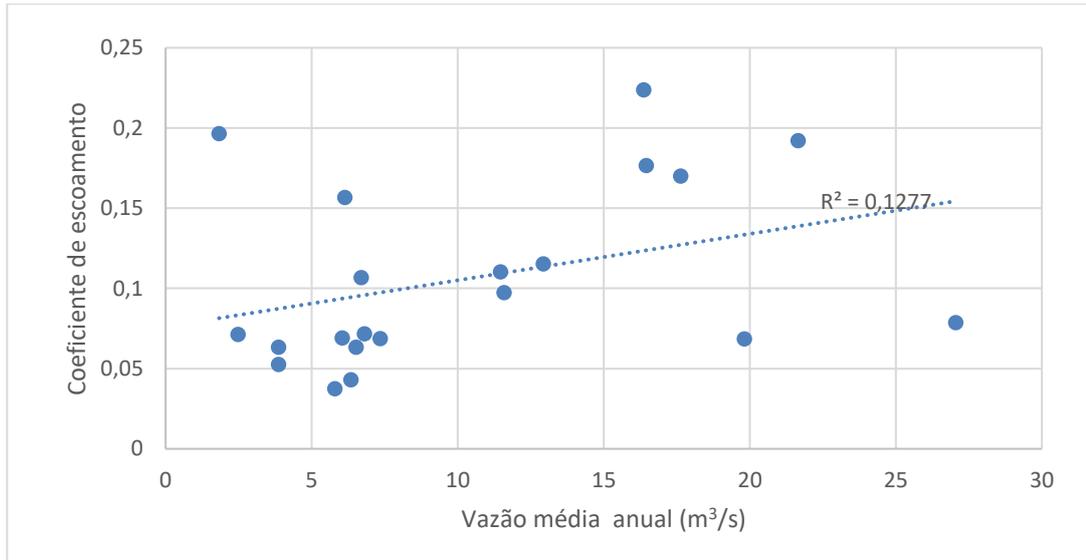
Os resultados indicam a importância de estudos do comportamento hidrológicos ao longo do tempo para a gestão e planejamento dos recursos hídricos, principalmente em relação às vazões mínimas, em que se baseia a outorga de direito do uso da água, fundamental para evitar conflitos do uso atual e futuros da água em bacias hidrográficas (ALMEIDA e CURI, 2016).

5.5.1 Correlações

Conforme as considerações sobre correlações descritas no item 4.6, na Figura 27, a

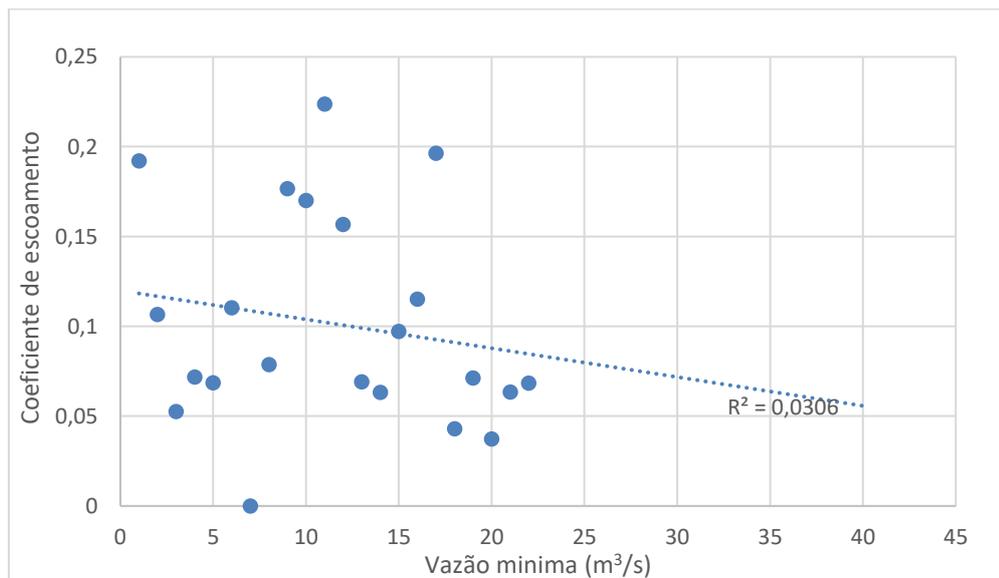
correlação está entre fraca a moderada pois o valor de r é 0,357, foi observado que a $Q_{méd}$ tem uma queda acentuada ao longo dos anos e apesar disso o coeficiente não mostra uma queda intensa porque a precipitação anual apresenta uma leve redução que para o nível de confiança não é significativa.

Figura 27. Correlação entre vazão média anual e coeficiente de escoamento.



Fonte: Autora.

Figura 28. Correlação entre vazão mínima de 15 dias e coeficiente de escoamento.

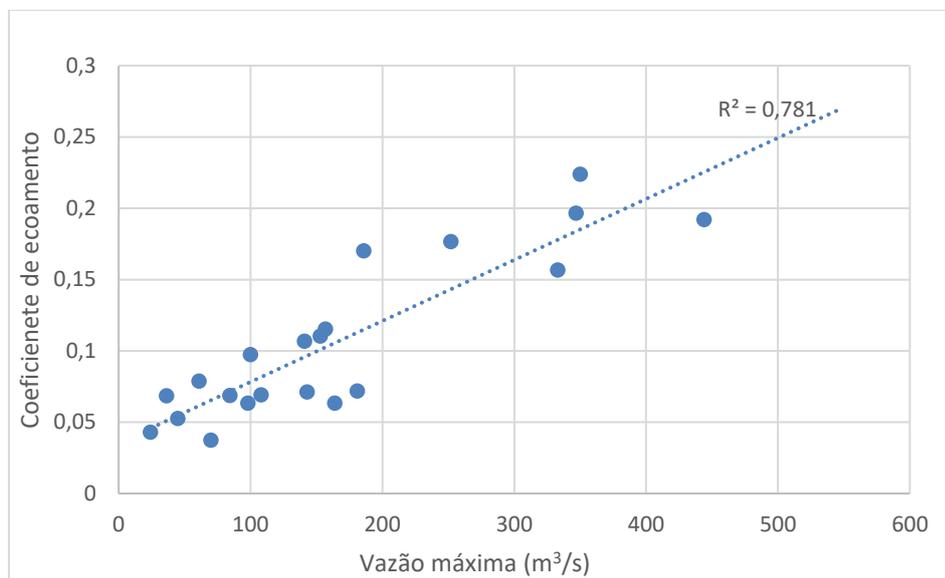


Fonte: Autora.

Na Figura 28, $r = 0,175$ sendo fraco o que demonstra que a vazão básica não ajuda a

explicar o comportamento do coeficiente de escoamento, o que era esperado pois a série da vazão mínima tem valor baixo e o coeficiente está estacionário.

Figura 29. Correlação entre vazão máxima e coeficiente de escoamento.

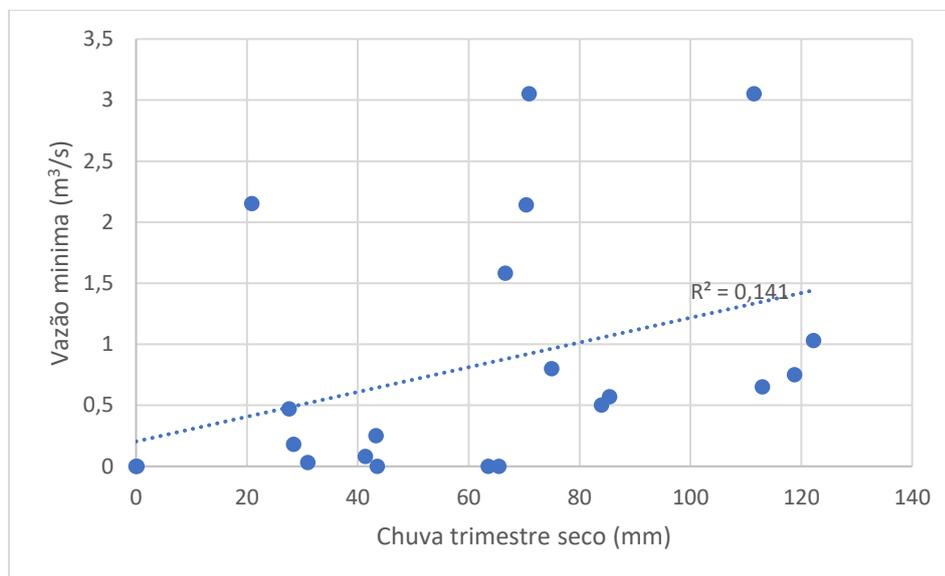


Fonte: Autora.

O coeficiente de escoamento na bacia estudada tem maior correlação com as $Q_{\text{máx}}$. Foi obtido (Figura 29) uma correlação de moderada a forte pois o $r = 0,884$. Verificou-se que não há correlação entre C e Q_{min} , o que demonstra que as vazões na época de pouca chuva na bacia não interferem de forma significativa na transformação da chuva em vazão considerando o ano hidrológico como um todo.

Os resultados das correlações estão coerentes com os de cobertura e uso do solo e de tendência das séries. A baixa correlação do C com a $Q_{\text{méd}}$ se deve ao fato de que a diminuição expressiva da $Q_{\text{méd}}$ não foi acompanhada pela diminuição do C ao longo dos anos. Uma vez que o uso da terra não foi significativamente alterado, a correlação entre C e $Q_{\text{máx}}$ manteve-se alta, demonstrando que em anos com $Q_{\text{máx}}$ maiores o C na bacia foi maior.

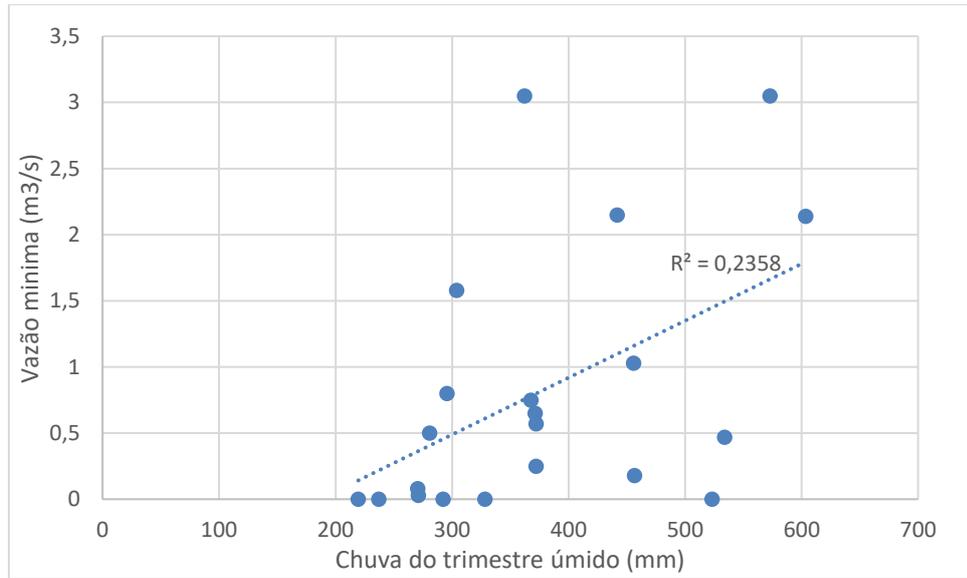
Figura 30. Correlação entre chuva de trimestre seco e vazão mínima.



Fonte: Autora.

A Figura 30 mostra que o valor do $r = 0,375$ correlação considerada moderada. A baixa correção observada entre Q15 e a chuva do trimestre seco pode ser devido ao fato de que o escoamento básico na bacia talvez seja mais influenciado pela precipitação ocorrida em períodos mais distantes do que pela precipitação ocorrida na própria estação seca a que a vazão se refere. No entanto o rio de Contas no trecho estudado passou a se tornar temporário na época em que a série de chuva no trimestre seco apresente seus menores valores.

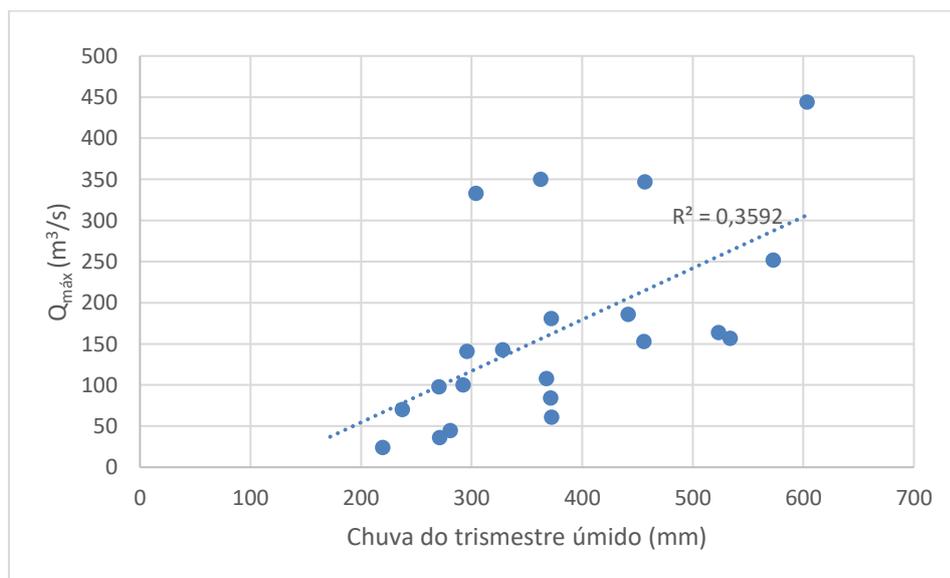
Figura 31. Correlação entre chuva do trimestre úmido e vazão mínima.



Fonte: Autora.

Na Figura 31 $r = 0,486$ que é considerado como correlação moderada. A vazão mínima apresenta o mesmo grau de correlação com a chuva do trimestre seco e trimestre úmido, porém melhor no trimestre úmido isso demonstra que ainda não foi possível explicar majoritariamente o comportamento das series de vazões mínimas a partir do comportamento das precipitações do trimestre úmido e seco.

Figura 32. Correlação chuva do trimestre úmido e vazão máxima.



Fonte: Autora.

O valor obtido de r^2 igual a 0,359 entre a chuva do trimestre úmido e a $Q_{máx}$ (Figura 32) equivale a um coeficiente de Pearson r igual a 0,6, o que corresponde a uma correlação moderada. É um resultado coerente dado que tanto $Q_{máx}$ como as chuvas no trimestre úmido mostram-se estacionárias na bacia.

6 CONCLUSÃO

Ao realizar o mapeamento de uso e cobertura do solo na bacia em estudo e identificar a dinâmica de alteração de cada classe, concluiu-se que no uso do solo não houve alteração significativa; os percentuais foram valores pequenos o que não dá para justificar algo. A cobertura florestal teve um pequeno aumento no período estudado, podendo ter sido ocasionada pela importância da área de APP, de forma que o cultivo da agricultura foi reduzido. Quanto aos corpos d'água, existe uma variabilidade durante cada época do ano, podendo reduzir ou aumentar devido a fatores naturais e consumo. A área não vegetada teve alteração durante os anos.

Através dos testes Pettitt e Mann-Kendall foi verificado o comportamento das séries hidrológicas, observado que a chuva anual permanece estacionária, com uma leve redução que pode estar ocorrendo devido à diminuição significativa da chuva do trimestre seco, dado que a chuva do trimestre úmido permanece estacionária. Essa conjuntura pode trazer como resultado uma maior necessidade de utilização da água para as culturas agrícolas da região, o que pode levar a um aumento da solicitação de outorgas para irrigação, visto que no trimestre seco não poderá ser atendida por captações superficiais e sim por subterrâneas.

A tendência de diminuição na $Q_{\text{méd}}$ pode ser devido a diminuição significativa da Q_{15} . A diminuição da vazão não foi suficiente para provocar uma redução relevante no coeficiente de escoamento visto que a chuva anual vem apresentando leve tendência de queda.

A Q_{15} zerou no ano de 1987, onde ocorreu a menor precipitação dentre os anos analisados, conseqüentemente a menor vazão. Sendo assim, o rio começou a ser intermitente.

Ao passar dos anos vem ocorrendo um aumento na demanda hídrica da bacia, em relação as demandas de outorgas superficiais vigentes, destacando-se o consumo humano e abastecimento público com uma vazão média anual de $0,415 \text{ m}^3/\text{s}$, e a irrigação $0,349 \text{ m}^3/\text{s}$. A maior parte das autorizações começaram no ano de 2013 e a partir de 2019 ocorreram mais solicitações. A vazão média anual outorgada na área é de $0,766 \text{ m}^3/\text{s}$, isso significa que 766 l/s já foram outorgados, total que já ultrapassa o valor da Q_{90} .

Foram realizadas correlações e foi possível desfechar que: a correlação entre a vazão média anual e coeficiente de escoamento está entre fraca a moderada, a $Q_{\text{méd}}$ tem uma queda acentuada ao longo dos anos e o coeficiente de escoamento não apresenta uma queda intensa porque a precipitação anual mostra uma leve redução; o coeficiente e a vazão mínima

demonstra uma correlação fraca, a Q_{15} tem valor muito baixo é o coeficiente está estacionário; o C tem maior correlação com a $Q_{máx}$; correlação considerada moderada entre Q_{15} e a chuva do trimestre seco, pode ser devido ao fato de que o escoamento básico na bacia talvez seja mais influenciado pela precipitação ocorrida em períodos mais distantes; chuva do trimestre úmido e Q_{15} correlação moderada, a vazão mínima apresenta o mesmo grau de correlação com a chuva do trimestre seco e trimestre úmido, porém melhor na úmido; a chuva do trimestre úmido e a $Q_{máx}$ corresponde a uma correlação moderada.

Dentre os anos estudados destaca-se a década de 1970 e 1980 onde o nordeste brasileiro sofreu com a precariedade da água, coincide com a seca que ocorreu na bacia. Nesta mesma década, houve redução na vazão em alguns locais o qual foi justificado pela necessidade de irrigação, como visto anteriormente. Quando a vazão passa por precariedade é necessário analisar o que fazer para melhorar a situação e a depender do caso é preciso a deliberação pelos órgãos competentes para que não ocorra novas concessões para o uso da água e rever as outorgas vigentes.

Até o momento não foi encontrado nenhuma deliberação referente a precariedade na vazão outorgada, no Alto rio de Contas. A deliberação de nº 69/2020 de 17 de dezembro, dispõe apenas sobre outorga e instalação de empreendimentos no Alto rio das Contas, mostra que pode ser instalados empreendimentos e deve ser em consonância com o Plano de Recursos Hídricos da própria bacia.

É importante destacar que segundo o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio das Contas - PRHRC uma das diretrizes gerais a serem adotadas é planejar, gerenciar e fiscalizar eficientemente o uso do recurso hídrico. O plano tem como meta reduzir as retiradas para irrigação nas unidades de planejamento do Alto Contas. Para o abastecimento humano e uso da água para indústria e mineração tem como indicador reduzir o uso da água no setor. Como diretrizes conforme o plano da bacia destaca-se, realizar estudo de consolidação das outorgas para averiguar o motivo da discrepância entre vazões estimadas e vazões outorgadas; implementação de outorgas sazonais. Quanto as secas o PRHRC tem como meta a elaboração do plano de preparação para a seca a partir de 2023.

Do modo que a bacia se encontra, em uma situação precária, o PRHRC já deveria ter tomados medidas eficientes para a melhoria. Para um bom desempenho da bacia é necessário uma fiscalização e redução das outorgas.

Para área de APP o plano tem como indicador o aumento anual da área. Foi visto através do MapBiomass que ocorreu crescimento da área vegetada, mas não foi significativo.

Dessa forma, percebe-se que o que está ocorrendo é regularização da outorga, visto que se fosse demanda nova os mapas mudariam. Os resultados obtidos são de grande valia para um planejamento sustentável, já que ocorre exploração de água na região, a qual pode estar sendo super-explorada.

Neste caso, a região em estudo poderia ter uma atitude semelhante a que ocorreu no rio Arrojado, integrante da bacia do rio Corrente. Em 2015 o comitê da bacia do rio Corrente expediu uma deliberação para que não houvesse novas concessões para uso de recursos hídricos da bacia pois foi constatada exagerada redução do nível da água e também foi determinado que deverão ser revisadas pelo INEMA as outorgas existentes emitidas para grandes empreendimentos na bacia do Corrente (CORREIO, 2017). Se as outorgas emitidas para a região 52090000 pudessem ser revisadas e fiscalizadas, e se após essa fiscalização houvesse deliberações a região não ficaria em situação crítica. Entretanto, a curto prazo, se o comportamento das outorgas continuar como estar o rio pode secar, enquanto as precipitações podem manter-se com redução.

Um dos problemas enfrentados durante o desenvolvimento da dissertação foram os dados não serem atuais e as falhas encontradas nas séries históricas. Uma vez que as mesmas não foram suficientes para prejudicar os resultados, optou-se por corrigi-las. Por isso, é importante a manutenção e aumento da rede de postos pluviométricos e fluviométricos, por parte das autoridades competentes.

Portanto, os resultados podem contribuir para a desocupação moderada ou ocupação planejada na bacia, para que os danos causados por falta de água, que são frequentes na região, possam ser entendidos e para que ações possam ser realizadas no intuito de minimizar os prejuízos.

Sugestões desse trabalho para futuros estudos: Analisar as outorgas subterrâneas, visto que no trimestre seco a região não poderá ser atendida por captação superficial; identificar qual o tipo de cultivo da região, para poder saber a quantidade de água consumida, tipo de irrigação.

REFERÊNCIAS

- AIRES, U. R. V. **Utilização de NDVI para análise da influência da modificação da cobertura vegetal no regime de vazões**. 2018. 83 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2018.
- ABRÃO, C. M. R.; KUERTEN, S. Avaliação da área de preservação permanente do rio Santo Antônio na colônia Santo Antônio em Guia Lopes da Laguna – MS: aplicação do novo código florestal. **Boletim Goiano de Geografia (Online)**. Goiânia, v. 36, n. 2, p. 265-284, mai.-jul. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Mudanças climáticas e recursos hídricos, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos>>. Acesso em: 20 de outubro de 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. 2012. Disponível em: <ana.gov.br/noticias-antigas/rio-de-contas-esta-totalmente-seco.2019-03-15.5454193132f>. Acesso em: 04 de agosto de 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras**. Brasília: ANA, 2015. Edição Especial. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf>>. Acesso em: 04 de agosto de 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, 2022.
- AHMAD, S. et al. Quantifying actual evapotranspiration in fen ecosystems: Implications of management and vegetation structure. **Ecohydrology e Hydrobiology**, v. 20, n. 3, p. 382-396, 2020.
- ARAÚJO, H. A.; RODRIGUES, R. S. Regiões características do Estado da Bahia para previsão de tempo e clima. **SEINFRA, SRH, GEREI**, Salvador. 2000.
- ARAÚJO NETO, J. R.; ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. Q.; SANTOS, J. C. N.; LOBATO, F. O. Análise comparativa do escoamento superficial de microbacias experimentais em clima semiárido tropical. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 3, p. 111-120, 2013.
- ALMEIDA, M. A. de; CURI, W. F. Gestão do uso de água na bacia do Rio Paraíba, PB, Brasil, com base em modelos de outorga e cobrança. **Ambiente e Água**, v. 11, n. 4, 2016.
- ALMEIDA, C. M.; MENDONÇA, B. A. F.; BASSO, V. M. Environment adequacy and simulation of legal scenarios in the municipality of porciúncula, Rio de Janeiro. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 41, 2022.
- ALCÂNTARA, L.R.P. et al. Análise de tendência para dados pluviométricos no município de Toritama-PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4 n. 02, p.130-139, 2019.

AIRES U. R. V.; Melo Neto J.O.; Campos A.J. Uso de NDVI para análise do comportamento do regime de vazões do rio Paraopeba, MG. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18 n. 3, p. 08-19, 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/DialnetUsoDeNDVIParaAnaliseDoComportamentoDoRegimeDeVazoe-6137618.pdf>. Acesso em: dez. de 2021.

ALBUQUERQUE L.C. et al. Influência do uso e ocupação do solo sobre a vazão do alto da bacia do Rio Verde Grande- MG. **Caderno de ciências agrárias**, Universidade Federal de Minas Gerais, v. 10, n. 2, p. 15–22, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/3031/1845> Acesso em: dezembro de 2021.

ALVES, M. F. A. et al. Análise do regime hídrico de Patos-PB por meio do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC). **Revista Verde**, Pombal (PB), v. 10, n. 4, p. 42-46, 2015.

BAHIA (estado). Comitê da bacia hidrográfica do rio das Contas - gestão 2016-2020. **Plano de recursos hídricos e proposta de enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica do rio das Contas**. Bahia, 2021. 246 p. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/PF-03-S%C3%ADntese-Executiva-do-PRHRC.pdf>. Acesso em 03 de agosto de 2021.

BANDEIRA, P. K. N. Direito internacional de água: ausência legislativa internacional ambiental em área de fronteira. **Revista Geopolítica Transfronteiriça**, Tabatinga, v. 2, n. 1, p. 41-61, 2018.

BARROS, K. L. C. et al. A proteção de nascentes para conservação dos recursos hídricos em atenção à nova lei florestal. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 607-624, 2018.

BAYER, D. M. **Efeitos das mudanças de uso da terra no regime hidrológico de bacias de grande escala**. 2014. 172 f. Tese (Doutorado Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

BAZZO, K. R. et al. Regionalização da vazão Q95: comparação de métodos para a bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. **Ambiente e Água**, v. 12, n. 5, 2017.

BBC NEWS BRASIL. Chuvas na Bahia: os fenômenos extremos que causam a tragédia no Estado, 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59804297>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022

BERTONI, J.C. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 5 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. cap. 5, p. 177 – 241.

BENEDITO, Y. V. M.; RIBEIRO, CELSO B. M. Análise das unidades de resposta hidrológica da bacia do rio Paraibuna através do modelo SWAT. In: III SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL. 2018, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Minas Gerais: UFJF. 2018. p.1-10. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/76/B3002.pdf>. Acesso em: 20 de dez. de 2021.

BETIOLO A. S.; ANDRADE L. R.A. Aspectos técnicos para revitalização de bacias hidrográficas com enfoque em nascentes: um panorama de projetos no Brasil e no estado de Rondônia. **Ciência Geográfica**, Bauru, v.14, n.2, 2020. Disponível em: <https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIV_2/agb_xxiv_2_web/agb_xxiv_2-04.pdf> Acesso em: 18 de dez. 2021.

BRAGA, C.C., MELO, M.L.D., MELO, E.C.S. Análise de agrupamento aplicada a distribuição da precipitação no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília-DF. **Anais...**Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. p.1857-62.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 24 outubro 2021.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília, 2000.

BRASIL. Resolução nº 141 de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios e diretrizes para implementação dos instrumentos de outorga de direito de uso de recursos hídricos e de enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, em rios intermitentes e efêmeros, e dá outras providências. Brasília, 2012. Disponível em: <http://piranhasacu.ana.gov.br/resolucoes/resolucaoCNRH_%20141_2012.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2022.

BOF, L. H. N.; SOUSA, H. T.; PRUSKI, F. F. Sistema computacional para análises hidrológica. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS, 2009. **Anais...**Campo Grande, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009. Disponível em: <https://abrh.s3.saeast1.amazonaws.com/Sumarios/110/52eb9ae19cdc82b39f9757ed362e742c_aa712760652dd2be80a01075d85c30b5.pdf>. Acesso em: 5 de agosto de 2022.

BRAGA, R. C. S. **Enquadramento de rios e gestão de recursos hídricos: Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio das Contas**. 2021. 109 f. Dissertação (Mestrado em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos)- Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

BRITO H. C. et al. Classificação de uso do solo como ferramenta para análise multitemporal da superfície hídrica no estado da Paraíba, Brasil. In: SILUSBA, 14, 2019, Cidade da Praia. **Anais...** Cidade da Praia, Cabo Verde, 2019. Disponível em: <https://www.aprh.pt/14silusba/docs/14SILUSBA_27.pdf>. Acesso em: 29 de dez. de 2021.

CAMPOS, K. C. **Saneamento Rural: estudo de caso na comunidade do rio ligação no município de Francisco Beltrão - Pr**. 2017. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

CAMPAGNOLO, K. SILVEIRA, G. L.; MIOLA, A. C.; SILVA, R. L. L. Área de preservação permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 831-842, 2017.

CAPELLARI, A.; CAPELLARI, M. B. A água como bem jurídico, econômico e social. **Cidades**, v.36, 2018. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/213640297.pdf>>. Acesso em: 10 de out. de 2021.

CASARIN, F.; SANTOS, M. **Água: o ouro azul usos e abusos dos recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Garamond, 2011. 120 p.

CARVALHO, L. C. F. F. **Dinâmica das alterações de cobertura e uso do solo em Itatim-BA: um estudo aplicado de geoprocessamento com dados de fontes abertas**. 2019. 74 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Planejamento Territorial). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2019a.

CARVALHO, L. R. R. **Variabilidade de baixa frequência nos modos do oceano atlântico tropical e seus efeitos na precipitação da América do Sul Tropical: 1901-2015**. 2019. 74 f. Dissertação (Mestrado em Clima e Ambiente). INPA, Manaus, 2019b.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. T. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.7, n.3, p.43-51, 2002.

CHIAPETTI, R. J. N. De lá para cá, o rio das Contas desenhando... suas paisagens. **Geografia**, Fortaleza, v. 16, p. 1-15, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/mercator/a/KD3dPfByGMtv8cCMgnZhrNf/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 05 de agosto de 2021.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO (CHESF). UHE Pedra atinge 63,96% de volume útil. Pernambuco, 2020. Disponível em: <chesf.gov.br/_layouts/15/Chesf_Noticias_Farm/Noticia.aspx?IDNoticia=701>. Acesso em: 04 de agosto de 2021.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO (CHESF). Descrição do Aproveitamento de Funil. Pernambuco, 2022. Disponível em: <<https://www.chesf.com.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/Funil.aspx>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2022.

COSTA, M. H.; BOTTA, A. CARDILLE, J. A. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. **Journal of Hydrology**, v.283, p.206–217, 2003.

COSTA JÚNIOR, L. L. BARBASSA, A. P. Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 1, 2006.

CORRÊA, R. S.; DIAS, D. P. Estimates of environmental deficit of rural properties in the bonussuco basin in jataí, Brazil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 15, n. 4, 2022.

CORREIO. Correio 24 horas. Guerra pela água em Correntina se arrasta desde 2015. 2017. Disponível em: <<https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/guerra-pela-agua-em-correntina-se-arrasta-desde-2015/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2022.

CRUZ, J.C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001. 199 f. Tese (Dourado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CPRM- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Projeto análise de consistência de dados fluviométricos. Bacia do Atlântico Sul- Trecho Leste. Sub-bacia 52 - Rio das Contas: Relatório-Técnico, 1998.

CUNHA, N. O. S. et al. Análise multitemporal das mudanças do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do córrego da Porteira em Aquidauana-MS. **Revista Pantaneira**, Aquidauana (MS), v.18, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA A SECA FEDERAL (DNOCS). Açude Brumado. 1994. Disponível em: <www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/barragens/Barragem%20da%20Bahia/brumado.htm>. Acesso em: 24 de novembro de 2022.

DIAS, G. F. M. **As mudanças no uso e cobertura da terra e o comportamento hidrológico da bacia do rio Capim**. 2018. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 2018.

DIAS, L. C. P. et al. Effects of land cover change on evapotranspiration and streamflow of small catchments in the Upper Xingu River Basin, Central Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 4, p. 108–122, 2015.

DING, J.; JIANG, Y.; FU, L.; LIU, Q.; PENG, Q.; KANG, M. Impacts of Land Use on Surface Water Quality in a Subtropical River Basin: A Case Study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China. **Water**, v. 7, p. 4427-4445. 2015.

DO, H. X.; WESTRA, S.; LEONARD, M. A global-scale investigation of trends in annual maximum streamflow. **Journal of Hydrology**, v. 552, p. 28–43, 2017.

EISENBIES, M. H. et al. Forest operations, extreme flooding events, and considerations for hydrologic modeling in the Appalachians- A review. **Forest Ecology and Management**, v. 242, n. 2–3, p. 77– 98, 2007.

EMILIANO, V. M.; SANCHES, F.; FERREIRA, R. V. Ensaio utilizando as técnicas do IAC e dos “anos-padrão” para classificação dos totais pluviométricos anuais em Uberaba (MG). In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2018. **Anais...**Juiz de Fora (MG), 2018.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO (EMBASA). Disponível em: <<https://www.embasa.ba.gov.br/index.php/conteudo-multimedia/noticias/3111-governo-entrega-ampliacao-do-siaa-de-jaguaquara-irajuba-e-itaquara>> Acesso em: 05 de agosto de 2021.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO (EMBASA). Esgotamento Sanitário. Disponível

em:<http://www.embrasa.ba.gov.br/institucional/embrasa/nossos_servicos/tratamento_esgotamento>. Acessado em: 10 de dez. de 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Satélites de monitoramento**. Campinas, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 18 de nov. de 2021.

EUCLYDES, H. P. et al. **RH 3.0 Regionalização Hidrológica: Manual do Programa**. Viçosa: DEA/UFV; Brasília: MMA; Belo Horizonte: RURALMINAS, 1999. 149p.

FADUL, E.; VITORIA, F. T.; CERQUEIRA, L. S. A governança participativa na gestão de recursos hídricos no Brasil: uma análise da realidade do estado da Bahia. **SINERGIA**, Rio Grande, v. 21, n. 1, p.79-90, 2017.

FELIX, V. S.; PAZ, A. R. Representação dos processos hidrológicos em bacia hidrográfica do semiárido paraibano com modelagem hidrológica distribuída. **Journal of Water Resources**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 556-569, 2016.

FERNANDES, E.S.; REGO, N.C.; OLIVEIRA, R.M. A degradação do rio de Contas na zona urbana da cidade de Jequié - BA. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2015, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG, v.2, 2015.

FERREIRA, F. L. V. et al. Tendência em séries hidrológicas e de mudanças no uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Guanhões, Minas Gerais. **Braz. J. Anim. Environ. Res.**, Curitiba, v. 3, n. 2, p.447-459, 2020.

FILHO, W. L. F. C. et al. Diagnóstico da Precipitação e EVI em Dois Eventos de Seca no Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 102–112, 2018.

FINGER, D. J. I. et al. Mapping bull kelp canopy in northern California using Landsat to enable long-term monitoring. **Remote Sensing of Environment**, v. 254, 2021.

FISTAROL P. H. B.; SANTOS J. Y. G. S. Implicações das alterações no uso e ocupação do solo nas perdas de solo da bacia do rio de Ondas, estado da Bahia. **Revista OKARA: Geografia em debate**, João Pessoa, PB, v. 14, n. 1, p. 81-103, 2020. Disponível em: <<http://www.okara.ufpb.br>>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.

FRAGA, M. S. et al. Análise de tendência em séries históricas de precipitação e vazão na UGRH Piracicaba, Minas Gerais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 136- 144, 2020.

FOLETO, E. M. O contexto dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. **Geoambiente on-line**, n.30, p.39-59, 2018.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, jul. 2005.

FORBES. Florestas cobrem 59,7% do território nacional, sendo as terras indígenas as áreas mais preservadas, 2021. Disponível em: <<https://forbes.com.br/forbesesg/2021/08/florestas-cobrem-597-do-territorio-nacional-sendo-as-terras-indigenas-as-areas-mais-preservadas/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

GASITH, A.; RESH, V. H. Streams in the Mediterranean climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 30, p.51-81, 1999.

GOOGLE EARTH ENGINE (GEE). A planetary-scale platform for Earth science data e analysis, 2021. Disponível em: <https://earthengine.google.com/>. Acesso em: 1 de nov. de 2021.

GUAJARATI, D. N. **Econometria básica**. [S.l.]: Elsevier, Brasil, 2011.

GUIMARÃES, J. A. Hidrogeologia do Aquífero Urucuia: Potencialidades, Vulnerabilidades e Conservação, **FUNDAJ**, 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/rios-do-oeste-baiano-sofrem-rebaixamento-do-nivel-das-aguas-irrigacao-e-vila> > Acesso em: 20 de novembro de 2022.

GUPTA, V.; JAIN, M. K. Investigation of Multi-model Spatiotemporal Mesoscale Drought Projections over India under Climate Change Scenario. **Journal of Hydrology**, v. 567, p. 489-509, 2018. <<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.012>>

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Wiley Online Library**, v. 103, n. 435, p. 77-92, 1977.

HERNANDES, T. A. D. *et al.* Identifying suitable areas for expanding sugarcane ethanol production in Brazil under conservation of environmentally relevant habitats. **Journal of Cleaner Production**, p. 125318, 2020.

HIPEL, K. W.; MCLEOD, A. D. Times series modelling of water resources and environmental systems. **Developments in Water Science**, v. 45, 1994.

HOU, L. FENG, S., DING, Y., ZHANG, S., HUO, Z. Experimental study on rainfall-runoff relation for porous pavements. **Hydrology Research**, v. 39, n.3, 2008.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IMENA). Comitê da bacia hidrográfica do rio das Contas. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-contas/>>. Acesso em: 03 de agosto de 2021.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IMENA). Regiões de Planejamento e Gestão das Águas, 2021. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/rpgas/>>. Acesso em: 20 de nov. de 2021.

IPCC, 2021: Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystem (SRCCL) Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/clima/ipcc-relatorio-mudancas-climaticas-2021> >. Acesso em: 09 de janeiro de 2022.

JEROZOLIMSK, R. Alterações no uso e cobertura do solo nos campos de palmas entre os anos de 1985 e 2019, a redução destas áreas de campos naturais. In: X SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL- ATORES, ATIVOS E INSTITUIÇÕES: O DESENVOLVIMENTO REGIONAL EM PERSPECTIVA, 2021. **Anais...**Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2021. Disponível em:

<<https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidr/article/view/21314/1192613407>>.
Acesso em: 29 de dezembro de 2021.

JIANG, C.; XIONG, L.; XU, C.; GUO, S. Bivariate frequency analysis of nonstationary low-flow series based on the time-varying copula. **Hydrological Processes**, v. 29, n. 6, p.1521-1534, 2015. <<https://doi.org/10.1002/hyp.10288>>

JORDÃO, E. P; PESSÔA. C.A. **Tratamento de Esgoto Doméstico**. 8ª edição, Rio de Janeiro, 2017, 916 p.

KHANNA, J. et al. Regional dry-season climate changes due to three decades of Amazonian deforestation. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 3, p. 200–204, 2017.

KENDALL, M.G. **Rank Correlation Methods**. London: Charles Griffin, 1975. 272 p.

LAKE, P. S. Ecological of perturbation by drought in flowing water. **Freshwater Biology**, v. 48, n.7, p. 1161-1172, 2003.

LIU, S.; HUANG, S.; HUANG, Q.; XIE, Y.; LENG, G.; LUAN, J.; SONG, X.; WEI, X.; LI, X. Identification of the non-stationarity of extreme precipitation events and correlations with large-scale ocean-atmospheric circulation patterns: A case study in the Wei River Basin, China. **Journal of Hydrology**, v. 548, p. 184-195, 2017. <<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.012>>

LOPES, C. L. et al. Evaluation of long-term estuarine vegetation changes through Landsat imagery. **Science of The Total Environment**, v. 653, p. 512-522, 2019.

LU, G. et al. Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 33, n. 2, p. 346-367, 2019.

MANN, H.B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, p. 245-259, 1945.

MARGRAF, A. F. et al. A necessidade de saneamento básico: uma análise sobre a China e a pandemia de 2020. **RJLB**, v.6, n. 4, p. 23-61, 2020.

MARENGO, J.A.; TORRES, R.R.; ALVES, L.M. Drought in Northeast Brazil - Past, present, and future. **Theor Appl Climatol**, v. 129, n 3-4, p. 1189-1200, 2016.

MEDEIROS R.M, et al. O el niño e a la niña e suas influências no clima de Bom Jesus, Piauí. **RECIMA21- Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 6, 2021. ISSN 2675-6218. Disponível em: <<https://doi.org/10.47820/recima21.v2i6.484>>.

MENEZES, J. P. C.; BERTOSI, A. P. A.; SANTOS, A. R.; NEVES, M. A. Correlação entre uso da terra e qualidade da água subterrânea. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 173-186, abr.-jun. 2014.

MESQUITA, L. F. G. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 45, p. 56-80, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/47280/35268>>. Acesso em: 12 de nov. 2021.

MHAWEJ, M.; FAOUR, G. Open-source Google Earth Engine 30m evapotranspiration rates retrieval: The SEBALIGEE system. **Environmental Modelling e Software**, v. 133, 2020.

MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F.; SANTOS, G. M. A. D. A.; EUGENIO, F. C. Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 141-152, 2015.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the atmospheric sciences**, v. 38, n. 12, p. 2653–2675, 1981.

MORAES, J. M. et al. Trends in hydrological parameters of a southern Brazilian watershed and its relation to human induced changes. **Water Resources Management**, v. 12, p. 295-311, 1998.

MUDBHATKAL, A. et al. Impacts of Climate Change on Varied River-Flow Regimes of Southern India. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 22, n. 9, p. 0–13, 2017.

NARDINI, R. C.; CAMPOS, S.; RIBEIRO, F. L.; GOMES, L. N.; FELIPE, A. C. CAMPOS, M. Avaliação das áreas de conflito de uso em APP da microbacia do Ribeirão Morro Grande. **Caminhos de Geografia**, v. 16, n. 55, p. 104-113, 2015.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; SOARES, D. B. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, v. 63, p. 9–26, 2016.

NOBREGA, S. L. **Comportamento hidrológico em bacia hidrográfica da savana amazônica cenários de uso do solo- Boa Vista**. 2018. 126 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte). Universidade federal de Roraima, Boa Vista (RR), 2018.

NOGUEIRA V. G.; SANTOS E. A.; CUNHA D.A. Vulnerabilidade e Adaptação às Mudanças Climáticas: Análise de Agricultores da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 14, n. 1, p. 26-53, 2020. Disponível em: <<https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/624/307>>. Acesso em: 04 de agosto de 2021.

NUNES, I. L.; DIAS, C. N.; SATO, A. I.; ARAÚJO, A. R.; LEITE, E. S. Caracterização da vazão e regimes pluviométricos da bacia hidrográfica do rio Brumado – BA. In: SEMANA DE ENGENHARIA FLORESTAL DA BAHIA, Salvador, 2016. **Anais...** Salvador, Associação Baiana das Empresas de Base Florestal, 2016. Disponível em: <<http://www2.uesb.br/eventos/seeflor/wp-content/uploads/2018/03/Trabalho-42.pdf>> Acesso em: 10 de novembro de 2022.

OLIVEIRA, N. L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 284-297, 2015.

OLIVEIRA NETTO, A.P. et al. Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar: o caso da fossa verde em comunidades rurais do alto sertão alagoano. **Revista Produção e Desenvolvimento**, Delmiro Gouveia (AL), v.1, n.3, p.103-113, 2014.

OLIVEIRA, R. R. S. et al. Dinâmica de uso e cobertura da terra das regiões de integração do Araguaia e Tapajós/PA, para os anos de 2008 e 2010. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, p. 1411-1424, 2016.

OLIVEIRA, T. A. et al. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora - MG no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.26, p. 102-126, 2020.

OLIVEIRA, C. Curso de cartografia moderna. Rio de Janeiro: **IBGE**, 1993.

QINGMING, W. et al. Effects of vegetation restoration on evapotranspiration water consumption in mountainous areas and assessment of its remaining restoration space. **Journal of Hydrology**, v. 605, p. 127-259, 2022.

PAULA, F. C. F. et al. Emissões naturais e antrópicas de metais e nutrientes para a bacia inferior do Rio das Contas, Bahia. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 70-75, 2010.

PARENTE, K. S. Governança em recursos hídricos: comparativo entre o estado de São Paulo e Portugal. In: FEIRA NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE E CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 30, 2019, São Paulo. **Anais...São Paulo**, Associação dos Engenheiros da Sabesp, 2019. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2019/11/fenasan2019_127.pdf>. Acesso em: 11 de dezembro de 2021.

PASSOS, F. O.; SILVA, B. C.; SILVA, F. G. B. Avaliação de Impactos de Mudanças no Uso e Manejo do Solo Sobre as Vazões da Bacia Hidrográfica do Ribeirão José Pereira, Utilizando o Modelo SWAT. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n. 2, p. 619-633, 2021.

PESSOA, J. O.; ORRICO, S. R. M.; LORDÊLO, M. S. Water quality in rivers of Bahia State cities, Brazil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.4, p. 687-696, 2018.

PERIN, A.; SORIANO-SIERRA, E. J. Gestão integrada de recursos hídricos: uma revisão integrativa. In: VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN, 2018, Guadalajara. **Anais...Guadalajara: CIKI**, v.1, n.1, 2018. Disponível em: <<https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/565>>. Acesso em: 11 de dez. de 2021.

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

PIROLI, E. L. **Água: por uma nova relação**. Jundiaí: Paco Editorial, 2016. 144 p.

PINHEIRO, E. et al. Relação entre duração dos eventos de El Niño com as condições do Atlântico Tropical e a precipitação no Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, p. 497-508, 2018.

PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DE COBERTURA E USO DO SOLO DO BRASIL (MAPBIOMAS). O projeto. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/o-projeto>>. Acesso em: 30 de dezembro 2021.

REIS, L. G. M.; MONTENEGRO, S. G.; NETO, A. R.; CARVALHO, W. Influência de mudanças de tendência das séries fluviométricas na estimativa da disponibilidade hídrica

superficial. In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2019, Foz do iguaçu, PR. **Anais...Foz do iguaçu**, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2019. Disponível em: <<https://eventos.abrh.org.br/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

RIBEIRO, L. G. G.; ROLIM, N. D. Planet water whom and for whom: an analysis of fresh water as a fundamental right and its valuation marketing. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 7, n. 1, p. 7-33, 2017.

RIGHETTO, A.M.; GOMES, K. M.; FREITAS, F. R. S. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.6, p. 1109-1120, 2017. REBOITA, M.S. et al. Influência dos diferentes tipos do Fenômeno El Niño na precipitação da América do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 2, 2021.

SALINI, M.F. **A influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul-ENOS (La Niña e El Niño) na ocorrência de inundações no Vale do Taquari-RS**. 2012. 57 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Lajeado, 2012.

SALVADOR (estado). COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CONTAS. Deliberação CBH-RC n° 69/2020 de 17 de dezembro DE 2020, aprova o encaminhamento ao INEMA, SEMA, MINISTÉRIO PÚBLICO ESTADUAL, E CONERH e dispõe sobre outorga e instalação de empreendimentos no Alto rio das Contas. Salvador, 2020. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/DELIBERAO_N_69_-_2020_-_CBHRC_-_Dispe_sobre_outorga_e_instalao_empreendimento_Alto_Rio_das_Contas.pdf> Acesso em:25 de novembro de 2022.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 670-679, 2011.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 3ª ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional das Águas, 2001. 328 p.

SISTEMA ESTADUAL DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS (SEIA). 2021. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br>>. Acesso em: 15 de dez. de 2021.

SILVA, M. T.; et al. Influência da Temperatura da Superfície do Mar na Ocorrência de Linhas de Instabilidade na Costa Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 261-268, 2017.

SILVA W.T.C.; BARBOSA H.A. Avaliação da precipitação na produtividade agrícola da cana-de-açúcar: estudo de caso usina Coruripe para as safras de 2000/2005. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.03, 2021.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da Cobertura vegetal na sub-bacia do Rio Espinharas no período de 2000-2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p. 202- 209, 2014.

SILVA W.B.; BEZERRA J. M.; FEITOSA A. P.; SILVA P. C. M. Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi- RN. **Anuário do Instituto de Geociências: UFRJ**, v. 43, n. 1, p. 397-407, 2020.

SIMÕES, Y. S.; SILVA, E. H. B. C. Tendências das chuvas no estado da Bahia. In: 2º Congresso internacional RESAG, 2015, Aracaju. **Anais...Aracaju**, 2º Congresso internacional RESAG, 2015. Disponível em: <(PDF) TENDÊNCIAS DAS CHUVAS NO ESTADO DA BAHIA>. Acesso em: 12 de novembro de 2022.

SOUZA S.S.G. et al. Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra do Município de Moju-PA, utilizando Google Earth Engine. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n. 5, 2020.

SOUZA-FILHO, P. W. M. et al. Four decades of land-cover, land-use and hydroclimatology changes in the Itacaiúnas River watershed, southeastern Amazon. **Journal of Environmental Management**, v. 167, p. 175-184, 2016.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W. J.; CARDOSO, J. M. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 453-462, mai.-jun. 2017.

TIAN, F. et al. Efficient Identification of Corn Cultivation Area with Multitemporal Synthetic Aperture Radar and Optical Images in the Google Earth Engine Cloud Platform. **Remote Sensing**, v. 11, n. 629, 2019.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar. 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2000. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BASTOS, M. T. **Drenagem Urbana**. Reimpressão da 1º ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v.5, 2015.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p.55–64, 2010.

VERDON-KIDD, D.C.; KIEM, A.S. Regime shifts in annual maximum rainfall across Australia—implications for intensity–frequency–duration (IFD) relationships. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 19, n. 12, p. 4735-4746, 2015. <<https://doi.org/10.5194/hess-19-4735-2015>>

VIEIRA, J. M. P. **Água e saúde pública**. 1. ed. Lisboa: Edições Silabo, 2018. 460 p.

VILLARINI, G.; SMITH, J. A.; SERINALDI, F.; NTELEKOS, A. A. Analyses of seasonal and annual maximum daily discharge records for central Europe. **Journal of Hydrology**, v. 399, n. 3–4, p. 299–312, 18 mar. 2011.

WANG, H.; LV, X.; ZHANG, M. Sensitivity and attribution analysis of vegetation changes on evapotranspiration with the Budyko framework in the Baiyangdian catchment, China. **Ecological Indicators**, v. 120, 2021.

WMO, W. M. O. **Analyzing long time series of hydrological data with respect to climate variability**. Geneva: WMO secretariat, 1988. 36 p.

XIE, Z. et al. Using Landsat observations (1988–2017) and Google Earth Engine to detect vegetation cover changes in rangelands-A first step towards identifying degraded lands for conservation. **Remote Sensing of Environment**, v. 232, p. 1113-1117, 2019.

ZHANG, Y. *et al.* Mapping annual forest cover by fusing PALSAR/PALSAR-2 and MODIS NDVI during 2007–2016. **Remote Sensing of Environment**, v. 224, p. 74-91, 2019.