ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia

Emilly da Silva Farias¹, João Batista Lopes da Silva², Luanna Chácara Pires³, Joscélia Monteiro Santos de Brito⁴, Raquel Viana Quinelato⁵

^{1, 4 e 5} Mestras em ciências e tecnologias ambientais pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA)* e Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)**; emillyfarias10@hotmail.com (autor correspondente); josceliams@yahoo.com.br; raquelsviana@hotmail.com; ²Dr. em Engenharia Agrícola, Professor da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)**; silvajbl@ufsb.edu.br. ³Dra. em Zootécnica, Professora da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)**; luanna.ufsb@gmail.com. *Campus Porto Seguro, BR 367, Km 57,5, Porto Seguro, BA – 45.810-00. **Campus Paulo Freire, Praça Joana Angélica, nº 250, Bairro São José, Teixeira de Freitas – BA, CEP: 45988-058.

Artigo recebido em 28/11/2020 e aceito em 13/04/2021.

RESUMO

O processo de modificação da paisagem através da retirada da vegetação nativa para a implantação de atividade antrópicas acarreta alterações no comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. Diante disso, este trabalho teve como objetivo analisar a influência da alteração do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, no período de 1990 a 2018. Para tanto, utilizou-se dados das séries históricas das estações fluviométricas localizadas nas áreas de drenagem das bacias, importadas do portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A partir destas, foram obtidas as variáveis hidrológicas anuais: vazão máxima, vazão média e mínima. Já os dados de uso e ocupação do solo foram cedidos pelo Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia e estes passaram por processamento no software QGIS, onde foram obtidas as áreas de cada classe de uso e ocupação do solo. Posteriormente, fez-se a associação dos dados através de análise quantitativa executada no software SAS, onde foram obtidas as correlações simples entre as variáveis. As formas de uso do solo nas bacias hidrográficas estudadas passaram por significativa redução das áreas de vegetação nativa em virtude do crescimento das áreas de atividades antrópicas, principalmente as destinadas a pecuária e silvicultura. A análise de correlação demonstrou que a expansão dessas áreas tem influenciado a diminuição das vazões mínimas. Em contrapartida, apesar da diminuição significativa das áreas de vegetação nativa, os remanescentes florestais continuam atuando na redução das vazões máximas e aumento das vazões mínimas.

Palavras-chave: comportamento hidrológico, inércia hídrica, geoprocessamento.

Influence of land use and occupation on water availability in the Peruípe, Itanhém and Jucuruçu river basins, Bahia

ABSTRACT

The process of modifying the landscape through the removal of native vegetation for the implementation of anthropic activities causes changes in the hydrological behavior of a hydrographic basin. In view of this, this study aimed to analyze the influence of changes in land use and occupation on the water availability of the hydrographic basins of the Peruípe, Itanhém and Jucuruçu rivers, from 1990 to 2018. For this purpose, data from the historical series were used. the fluviometric stations belonging to the drainage areas of the basins, imported from the HidroWeb portal of the National Water Agency. From these, the hydrological variables were obtained: maximum flow, average and minimum flow. The data on land use and occupation were provided by the Forest Forum of the Extreme South of Bahia and these were processed in the QGIS software, where the areas of each class of land use and occupation were obtained. Subsequently, the association of the data was made through quantitative analysis performed in the software SAS University Edition, where simple correlations between variables were obtained. The forms of land use and occupation in the hydrographic basins studied underwent a significant reduction in the areas of native vegetation due to the growth of the areas of anthropic activities, mainly those destined for livestock and forestry. The correlation analysis showed that the expansion of these areas has influenced the decrease in minimum flows. On the other hand, despite the significant decrease in the areas of native vegetation, the forest remnants continue to act in reducing maximum flows and increasing minimum flows. Keywords: geoprocessing, hydrological behavior, water inertia.

Introdução

Apesar da bacia hidrográfica ser definida como área de dimensão variada, onde ocorre captação natural da precipitação, sendo essa direcionada a um único ponto de escoamento (Tucci, 2012; Rocha e Santos, 2018), ao reconhecê-la como unidade territorial de gestão, é preciso ir além desse conceito clássico e entendê-la como um espaço formado por uma série de fatores físicos, biológicos, sociais e políticos que interagem entre si, mudando todo o sistema (Schussel e Nascimento Neto, 2015). Nesse contexto, tem-se o clima, as características geomorfológicas e a cobertura do solo como fatores que podem influenciar o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica. Porém, em escala local e regional, as mudanças de uso do solo, principalmente para fins extrativistas que não dispõem de manejo adequado, podem comprometer a disponibilidade hídrica (Souza et al., 2017).

A modificação da paisagem, através da retirada de vegetação nativa para a implantação de atividades antrópicas, pode interferir no comportamento hidrológico da bacia hidrográfica, tanto na sua manutenção quanto na sua distribuição no planeta. Visto que as áreas nativas exercem papel essencial na manutenção do ciclo hidrológico, além de aumentar a porosidade e permeabilidade do solo reduzindo o escoamento superficial (Oliveira et al., 2018; Brito et al., 2019). Qualquer atividade de uso da terra, ainda que em proporções pequenas, tem capacidade para causar interferências no ciclo hidrológico, mesmo que não utilize ou dependa diretamente da água. A interferência hidrológica pode resultar em variações nas vazões, como o aumento das vazões máximas e diminuição das vazões mínimas em casos em que a cobertura vegetal é retirada, ou o contrário, quando o solo permanece protegido pela vegetação (Santos, 2010).

Levando em consideração a forte influência exercida pela maneira com que os territórios são ocupados, o levantamento do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica e sua relação com os recursos hídricos é fundamental quando se tem a finalidade de avaliar e monitorar o meio físico com o objetivo de garantir sua utilização dentro de sua capacidade, de modo a garantir a conservação dos recursos naturais, sendo que, esse diagnóstico ambiental é a primeira etapa quando se pretende reverter quadros graves de degradação em bacias hidrográficas (Sobral et al., 2018).

De acordo com Tucci (2012), existem na literatura estudos que comprovam o aumento ou diminuição da vazão mínima em função da retirada da vegetação nativa, podendo um caso ou outro ser

caracterizado através das características do solo após o desmatamento. A fim de verificar essa relação entre o uso e ocupação do solo e a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, Souza et al. (2019) mapearam os usos da bacia do rio Uruçuí-Preto, localizada no estado do Piauí, e verificaram a substituição das áreas de cerrado por áreas agrícolas. Apesar dos autores não terem encontrado correlações estatisticamente significativas, entre as variáveis hidrológicas e as variáveis de uso e ocupação do solo, eles inferem que esse resultado não é o suficiente para afirmar que os usos do solo não afetam diretamente o comportamento hidrológico da bacia.

Em contrapartida, o estudo desenvolvido por Bhattacharya et al. (2020) na bacia hidrográfica de Kangsabati, localizada na Índia, constatou que o uso da terra por atividades antrópicas como a agricultura comprometeu a recarga do lençol freático, enquanto locais ocupados por florestas ou áreas úmidas apresentaram a infiltração de água no solo e recarga do lençol freático mais facilitada.

Da mesma forma, Vanzela et al. (2010) conduziram um estudo na sub-bacia hidrográfica do córrego Três Barras, localizada no estado de São Paulo, onde constataram que as áreas ocupadas por matas favoreceram o aumento da vazão específica, enquanto as áreas antrópicas reduziram essa vazão. Santos (2010), com trabalho de pesquisa similar aos já mencionados, concluiu que o comportamento hidrológico da bacia do rio do Lontra, localizada no Tocantins, foi expressivamente alterado em função do uso e ocupação do solo da bacia em questão.

Diante do exposto, é perceptível que a análise do comportamento hidrológico resultante de alterações no uso e ocupação dos solos é de grande importância para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, tornando possível inferir sobre a disponibilidade e produtividade hídrica, tornando-se ferramenta essencial no estabelecimento de medidas visando o desenvolvimento sustentável (Souza et al., 2019).

Dessa forma, frente a ausência de estudos voltados a investigação da relação entre o uso e ocupação do solo e a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, atrelado ao fato de que essas apresentam atualmente exploração desordenada e intensa dos recursos naturais, expansão urbana sem planejamento e com maior substituição da vegetação nativa por culturas agrícolas e agropecuárias, esse trabalho busca compreender de forma holística a relação entre as variáveis hidrológicas e de uso e ocupação do solo dessas bacias entre os anos de 1990 e 2018, com vistas a

entender suas interferências nos ecossistemas e suas respectivas respostas, tornando possível propor medidas que favoreçam que a ocupação do espaço ocorra de modo mais sustentável.

Material e métodos

Área de Estudo

As bacias hidrográficas dos rios Peruípe (77952), Itanhém (7794) e Jucuruçu (7792) estão localizadas no Território de Identidade do Extremo Sul da Bahia e ocupam uma área total de aproximadamente 16 mil km², abrangendo parcialmente ou completamente 15 municípios baianos e 9 municípios mineiros. As bacias dos rios

Itanhém e Jucuruçu se localizam nos estados de Minas Gerais e Bahia, porém a área do estudo corresponde somente a parte da bacia hidrográfica do rio Jucuruçu localizada na Bahia (5.238,45 km²), a parte da bacia hidrográfica do rio Itanhém localizada na Bahia (4.861,44 km²) e a bacia hidrográfica do rio Peruípe (4.120,08 km²) (Figura 1). A região onde estão localizadas possui clima tropical úmido no litoral e tropical subúmido no interior, com cobertura vegetal de floresta ombrófila densa, sob o domínio de Mata Atlântica. A pluviosidade média anual está em torno de 1.100mm, com temperaturas entre 23°C e 27°C (INEMA, 2018).

Figura 1. Área de abrangência das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu e a delimitação municipal dos estados a que pertencem.

Delimitação da Área de Drenagem

Para delimitar as áreas das bacias hidrográficas estudadas utilizou-se imagens da base de dados *Shuttle Radar Topography Mission* do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (INPE, 2020), com resolução espacial de 30 metros. Para que o modelo digital de elevação (MDE) representasse de forma ideal os processos superficiais de escoamento superficial realizou-se inicialmente um mosaico da área estudada, contendo as cenas 17S405, 17S42, 16S405 e 16S42, e em seguida uma reinterpolação dos dados de altimetria, para preencher as lacunas de dados presentes no MDE, oriundas de falhas na captação das imagens. Após a reinterpolação, realizou-se a

remoção de depressões espúrias e foram gerados os modelos de direção do escoamento e escoamento acumulado. A partir do escoamento acumulado obteve-se a drenagem numérica. Ao fim dessas etapas, obteve-se o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC), que realiza todos os processos de escoamento superficial de forma fidedigna a escala real. A partir desse, obteve-se a área de drenagem das três bacias – Peruípe, Itanhém e Jucuruçu – através do comando *r.water.outlet*, assim como, também, foram obtidas as áreas de drenagem a montante de cada estação fluviométrica pertencente as bacias hidrográficas em questão, utilizando como entrada

as coordenadas de cada estação fluviométrica (Figuras 2, 3 e 4).

Figura 2. Áreas de drenagem a montante das estações fluviométricas pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jucuruçu e o rio principal da bacia em questão.

Figura 3. Áreas de drenagem a montante das estações fluviométricas pertencentes à bacia hidrográfica do rio Itanhém e o rio principal da bacia em questão.

Figura 4. Áreas de drenagem a montante da estação fluviométrica pertencente à bacia hidrográfica do rio Peruípe e o rio principal da bacia em questão.

Uso e Ocupação do Solo ao Longo do Tempo

Os dados relativos ao tamanho da área, extensão e delimitação das classes foram cedidos pelo Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia em formato *shapefile* somente para o estado da Bahia, pois a atuação do Fórum Florestal é somente no Estado, para os anos: 1990, 1994, 2002, 2006, 2013 e 2018. Estes dados foram obtidos através de imagens do satélite *Landsat 5* sensor *Thematic Mapper* para os anos entre 1990 e 2006, imagens do satélite *RapidEye* para o ano de 2013, e para o ano de 2018 imagens do satélite *Spot 7*. Para classificação das imagens, utilizou-se o método de classificação automática supervisionada com visita a campo, e posteriormente fez-se o cálculo do índice Kappa para validação da mesma.

A obtenção de imagens de diferentes satélites resultou na alteração das classes analisadas. Portanto, realizou-se a união das classes para que a comparação entre os anos pudesse ser realizada, sendo assim foram analisadas 18 classes de ocupação do solo, sendo elas: Afloramento Rochoso, Agricultura, Área Urbana, Áreas Úmidas/Várzea, Comunidade Aluvial Arbórea, Desmatamento Recente, Eucalipto, Floresta Estágio Inicial, Floresta Estágio Médio/Avançado, Instalações Rurais, Corpos Hídricos, Manguezal, Mussununga, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Sistema Viário, Solo Exposto e Restinga.

Estas informações estavam organizadas por municípios e por isso foram extraídas para a área de drenagem da bacia hidrográfica. Inicialmente os dados foram analisados de forma única, com a finalidade de analisar a dinâmica de uso e ocupação do solo em toda a bacia hidrográfica. Em seguida, foram extraídos para a área de drenagem de cada estação fluviométrica a fim de serem utilizados na análise de correlação.

Para isto foi utilizado o Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Consistente (MDEHC) de cada área de drenagem obtido no tópico 'Delimitação da área das bacias hidrográficas' descrito anteriormente. Todas as etapas descritas foram realizadas utilizando o software de informações geográficas QGIS 3.4@ (QGIS, 2019).

Dados Hidrológicos

A análise hidrológica contou com informações de séries históricas das estações fluviométricas que estão dentro das bacias e que possuíam série de dados atuais (Tabela 1). Estes dados foram importados do sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020), assim como os dados históricos referentes ao resumo de descarga das estações fluviométricas.

No resumo de descarga se encontra disponível, dentre outras informações da seção do curso de água monitorado, série histórica de dados de cotas e vazão medidos em campo, com o quais fez-se o ajuste de curvas-chave para cada estação (Tabela 2). Por meio das novas curvas-chave ajustadas e respectivas séries históricas diárias de cotas (ANA, 2020) das estações fluviométricas, foram obtidas as séries de vazões corrigidas. Essa etapa foi realizada através de planilhas eletrônicas de dados, onde realizou-se a plotagem de gráficos de dispersão e a inserção de linhas de tendências a fim de ser gerada uma equação de regressão, sendo escolhidas as curvas que melhor se ajustaram. Quando necessário, houve a divisão da série de dados em diferentes períodos para que houvesse um melhor ajuste da equação.

Tabela 1. Estações fluviométricas pertencentes à área de drenagem das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Código	ID	Nome	Lat	Long	Início da série (mês/ano)	Fim da série (mês/ano)
55330000	JU1	Jucuruçu	-16,8381	-40,1572	jun/1981	jun/2019
55340000	JU2	Itamaraju	-17,0453	-39,5436	jun/1954	jun/2019
55360000	JU3	São José do Prado	-17,1875	-39,9822	ago/1954	jun/2019
55370000	JU4	Cachoeira Grande	-17,2528	-39,7742	dez/1965	jan/2018
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	-17,2494	-39,6211	set/1968	jun/2019
55460000	IT1	Medeiros Neto	-17,3753	-40,2214	nov/1952	jun/2019
55490000	IT2	Fazenda Cascata	-17,5128	-39,6450	nov/1966	jun/2019
55510000	PE1	Helvécia	-17,7992	-39,6639	jan/1975	jun/2019

Em que: ID iniciado com JU: estações pertencentes à bacia do rio Jucuruçu; ID iniciado com IT: estações pertencentes à bacia do rio Itanhém; ID iniciado com PE: estações pertencentes à bacia do rio Peruípe.

Tabela 2. Curvas-chave ajustadas para as estações fluviométricas pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, com o período a que dizem respeito e o coeficiente de determinação (R^2)

Estação	Curva Chave	Início	Fim	R^2
55330000	$Y=7(10^{-9})x^4 - 6(10^{-6})x^3 + 0,0014x^2 - 0,0116x$	1981	1999	0,9217
	$Y=0,0003x^2 + 0,043x$	2000	2019	0,9552
55340000	$Y=2(10^{-8})x^4 - 9(10^{-6})x^3 + 0,0013x^2 + 0,1267x$	1954	1989	0,9374
	$Y=9(10^{-7})x^3 - 0,0002x^2 + 0,1633x$	1991	2019	0,9322
55360000	$Y=3(10^{-8})x^{3,6924}$	1954	2019	0,8861
55370000	$Y=0,0004x^2 - 0,0704x$	1965	2018	0,9887
55380000	$Y=6(10^{-7})x^3 + 9(10^{-5})x^2 + 0,1295x$	1968	2019	0,9878
55460000	$Y=0,0012x^2 - 0,1197x$	1952	1969	0,9838
	$Y=0,0029x^2 - 0,3971x$	1970	2019	0,9128
55490000	$Y=2(10^{-8})x^4 - 1(10^{-5})x^3 + 0,0022x^2 - 0,0434x$	1966	2019	0,9329
55510000	$Y=2(10^{-6})x^3 - 0,0006x^2 + 0,2393x$	1975	1992	0,8163
	$Y=0,1053x$	1993	2019	0,9690

As séries de vazões reestimadas foram submetidas ao Sistema Computacional para Análises Hidrológicas - SisCAH 1.0 (Sousa et al., 2009). A princípio identificou-se o início do ano hidrológico, através da análise da ascensão do histograma das vazões médias mensais, sendo definido o mês de outubro como início do período chuvoso em todas as estações. O pré-processamento dos dados consistiu, portanto, na definição do início do ano hidrológico e na seleção do descarte de dados com falha superior a 30% mensais. Em seguida foram obtidas as vazões: média, máxima e mínima para os anos 1990, 1994, 2002, 2006, 2013 e 2018 pois estes possuíam dados de uso e ocupação do solo.

Também realizou-se a análise da estacionariedade das vazões médias, mínimas e máximas anuais em cada estação, com todos os anos da série de dados. Na análise de estacionariedade as séries foram divididas para os períodos de 1977 a 1994 com 1995 a 2019, sendo analisada e comparada os dados mais antigos com os dados mais recentes. Para isto fez-se o teste estatístico de média de Student (t) para verificação das hipóteses (H_0) ($p < 0,05$).

Análise Conjunta dos Dados Hidrológicos e de Uso e Ocupação do Solo

A priori realizaram-se os testes para verificação da normalidade e da homogeneidade de variância por meio dos testes Shapiro-Wilk, por meio do qual se testou a normalidade dos dados e de Cochran e Bartlett. Com o objetivo de determinar se existe ou não relação direta entre as variáveis hidrológicas com as classes de uso e ocupação do solo, foram calculados os coeficientes

de correlação de Pearson, para as variáveis que possuem distribuição normal, ou de Spearman, para as variáveis que não seguiram distribuição normal. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do software SAS *University Edition*®.

Resultados e Discussões

Uso e ocupação do solo entre os anos de 1990 e 2018 - Bacia do rio Peruípe (área de drenagem a montante da estação fluviométrica)

As classes de pastagens e de eucalipto ocupam a maior parte da área a montante da estação fluviométrica Helvécia (PE1), correspondendo a 70,1% da área total de drenagem da estação, equivalente a 2.071,6 km². Em 1990 a classe eucalipto ocupava 3,5% enquanto as classes de pastagens ocupavam 64,7%. Em 2018, houve uma redução de 596,6 km² das áreas de pastagens cedendo espaço para um aumento de 655,4 km² das áreas com cultivo de eucalipto (Tabela 3).

É importante destacar a dinâmica ocorrida entre as classes de pastagens, uma vez que houve um comportamento inverso entre a classe Pasto Limpo e a classe Pasto Sujo. Enquanto a primeira apresentou um aumento de 733,6 km², ou 207,64%, a segunda apresentou uma redução de 1.330,2 km², o equivalente a redução de 85,42%. Levando em consideração que as áreas de Pasto Sujo são áreas ocupadas predominantemente por pastagens, mas que possuem estruturas herbáceo-arbustivas frequentes, podendo corresponder aos primeiros processos de regeneração natural da vegetação (Gama et al., 2019), é possível presumir que, tem ocorrido a “limpeza” dessas áreas para a

implantação das atividades pecuárias mais intensas. Ou seja, embora as áreas destinadas a pecuária tenham reduzido em função da expansão do eucalipto, houve um aumento significativo de

Pasto Limpo que, embora seja bem manejada e possua um efetivo controle de plantas invasoras, pode contribuir para danos ambientais.

Tabela 3. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, da sub-bacia a montante da estação fluviométrica Helvécia (55510000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55510000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	20,9	0,7	20,9	0,7	20,5	0,7	28,5	1,0	141,9	4,9	-	-
AU	5,9	0,2	7,3	0,2	10,1	0,3	13,0	0,4	3,1	0,1	16,8	0,6
AF	9,8	0,3	9,8	0,3	10,0	0,3	5,7	0,2	4,4	0,2	4,1	0,1
AG	281,7	9,5	364,3	12,3	563,9	19,1	335,2	11,3	354,4	12,2	334,7	11,3
RE	-	-	-	-	-	-	1,8	0,1	-	-	0,1	0,0
CA	490,2	16,6	451,2	15,3	490,6	16,6	531,7	18,0	405,8	14,0	117,4	4,0
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,2	1,0
EU	102,3	3,5	112,0	3,8	270,8	9,2	879,6	29,8	737,9	25,5	757,7	25,6
FI	72,0	2,4	42,7	1,4	7,4	0,2	2,4	0,1	12,4	0,4	67,2	2,3
FM	52,4	1,8	38,5	1,3	46,7	1,6	17,8	0,6	49,8	1,7	283,1	9,6
IR	-	-	-	-	0,3	0,0	0,1	0,0	7,0	0,2	1,0	0,0
CH	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6	0,1	10,9	0,4
MU	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,0	11,2	0,4
PL	353,3	12,0	404,0	13,7	398,4	13,5	773,7	26,2	895,6	30,9	1086,9	36,8
PS	1557,2	52,7	1495,1	50,6	1127,0	38,2	356,8	12,1	280,6	9,7	227,0	7,7
SV	8,2	0,3	8,2	0,3	8,2	0,3	7,1	0,2	1,3	0,0	4,7	0,2
SE	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0	0,9	0,0	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; RE – Restinga; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; MU – Mussununga; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Apesar de ter ocorrido a substituição de uma monocultura por outra, os autores Moledo et al. (2016) e Tadeu (2014) afirmam que tal dinâmica pode ser benéfica para a área em questão, uma vez que, a instalação de florestas, mesmo que sejam para fins extrativistas, geram melhores condições para o desenvolvimento da fauna local, reduz processos erosivos e reduz a lixiviação de nutrientes. Porém, apesar dos efeitos benéficos citados, a implantação de extensas áreas de monocultura causa impactos ambientais negativos, como a compactação do solo, redução da taxa de infiltração e tempo de residência da água na bacia hidrográfica (Almeida, 2012; Cerqueira Neto, 2013). Além disso, a implantação de qualquer tipo de monocultura, sem os devidos cuidados de manejo, ocasiona o esgotamento de nutrientes do solo (Moledo et al., 2016).

Em relação às áreas de vegetação nativa, consideradas neste estudo as classes Comunidade Aluvial Arbórea, Floresta Estágio Inicial, Floresta Estágio Médio/Avançado, Restinga e Mussununga, ao longo dos anos analisados, sofreram redução de 4,5%, equivalente a 135,6 km². De acordo os autores Beppler e Justino (2017), a redução das áreas de vegetação nativa podem provocar graves consequências para bacia hidrográfica tanto a curto prazo quanto a longo prazo, principalmente em relação a qualidade e quantidade da água

disponível. Além disso, interfere negativamente na conservação dos solos e das nascentes. Tal fato pode influenciar na qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis para uso, bem como na conservação de nascentes. Tal fato ocorre pois, a presença de vegetação nativa pode desenvolver diversas funções eco-hidrológicas, como recarga dos lençóis freáticos e consequente aumento da quantidade de água, controle da erosão através da redução do escoamento superficial e como proteção dos corpos de água (Tambosi et al., 2015).

Bacia do rio Itanhém (sub-bacias a montante das estações fluviométricas

Durante o período estudado (1990-2018), as classes Comunidade Aluvial Arbórea, Floresta Estágio Inicial e Floresta Estágio Médio/Avançado sofreram juntas uma diminuição de 319,5 km² na área de drenagem estação fluviométrica Medeiros Neto (55460000), e 777,5 km² na área da estação fluviométrica Fazenda Cascata (55490000), equivalente a uma taxa de redução de 58,2% e 63,2%, respectivamente. Dentre estas classes, a classe Comunidade Aluvial Arbórea apresentou a maior redução em ambas as estações, saindo de 417,8 km² em 1990 para 126,7 km², na estação Medeiros Neto (IT1), e na estação Fazenda Cascata (IT2), ocupava 693,8 km² em 1990 e passou a ocupar 210,5 km² em 2018, equivalente a uma taxa

de redução de 69,6% para as duas estações (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, na sub-bacia a montante da estação fluviométrica Medeiros Neto (55460000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55460000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	0,9	0,1	0,9	0,1	0,7	0,0	0,8	0,0	5,3	0,3	-	-
AU	2,8	0,2	2,8	0,2	3,1	0,2	4,2	0,2	4,4	0,3	5,5	0,3
AF	6,6	0,4	6,6	0,4	11,3	0,7	3,5	0,2	19,6	1,1	6,9	0,4
AG	4,0	0,2	23,4	1,4	96,5	5,6	1,1	0,1	32,3	1,9	6,3	0,4
CA	417,8	24,4	416,8	24,3	330,9	19,2	455,1	26,6	133,6	7,8	126,7	7,4
EU	-	-	-	-	-	-	57,4	3,4	47,0	2,7	39,5	2,3
FI	43,7	2,5	51,7	3,0	60,7	3,5	17,2	1,0	5,9	0,3	47,7	2,8
FM	87,5	5,1	92,8	5,4	119,4	6,9	63,3	3,7	57,2	3,3	55,1	3,2
IR	-	-	-	-	-	-	-	-	3,6	0,2	0,2	0,0
CH	3,1	0,2	3,1	0,2	3,1	0,2	4,0	0,2	-	-	3,9	0,2
PL	363,2	21,2	167,2	9,8	814,7	47,4	315,1	18,4	492,6	28,8	1197,8	69,7
PS	783,9	45,7	948,2	55,3	272,9	15,9	786,6	46,0	905,8	53,0	225,8	13,1
SV	1,2	0,1	1,2	0,1	0,9	0,1	0,3	0,0	1,7	0,1	2,8	0,2
SE	-	-	-	-	5,3	0,3	0,4	0,0	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Tabela 5. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, na sub-bacia a montante da estação fluviométrica Fazenda Cascata (55490000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55490000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	1,9	0,1	1,9	0,1	1,7	0,1	2,1	0,1	17,2	0,5	-	-
AU	8,8	0,3	9,0	0,3	10,0	0,3	12,5	0,4	17,3	0,5	16,8	0,5
AF	25,5	0,8	25,5	0,8	28,0	0,9	17,1	0,5	22,2	0,7	15,2	0,5
AG	15,7	0,5	71,9	2,2	244,9	7,6	23,0	0,7	49,6	1,6	37,8	1,2
CA	693,8	21,7	706,0	22,0	627,0	19,5	852,6	26,6	319,1	10,0	210,5	6,6
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	0,0
EU	1,4	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	152,7	4,8	126,6	4,0	94,4	2,9
FI	204,5	6,4	140,4	4,4	141,1	4,4	44,7	1,4	10,8	0,3	87,8	2,7
FM	331,1	10,3	325,1	10,2	361,1	11,3	117,2	3,7	120,9	3,8	153,6	4,8
IR	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	5,8	0,2	1,4	0,0
CH	10,0	0,3	10,0	0,3	10,0	0,3	11,7	0,4	6,0	0,2	11,3	0,4
PL	471,9	14,7	267,3	8,3	1119,2	34,9	434,2	13,5	984,7	31,0	2153,0	67,3
PS	1434,6	44,8	1642,1	51,3	656,0	20,4	1524,2	47,5	1493,6	47,0	415,1	13,0
SV	2,8	0,1	2,7	0,1	3,7	0,1	0,5	0,0	4,2	0,1	-	-
SE	-	-	-	-	5,3	0,2	15,3	0,5	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

No entanto, é importante destacar que a ocorrência da mudança na metodologia de classificação, pela alteração dos sensores utilizados na captação das imagens, pode influenciar diretamente na análise dessas classes, uma vez que para os anos de 2013 e 2018 foram utilizadas imagens com melhor resolução espacial. Portanto, pode ter ocorrido uma melhor interpretação das classes consideradas como vegetação nativa (em especial a comunidade aluvial arbórea), e não necessariamente uma alteração no uso do solo.

As pastagens, desde o ano inicial do estudo, 1990, já ocupavam a maior parte da área de drenagem das estações fluviométricas pertencentes à bacia do rio Itanhém, correspondendo a 66,9% de

ocupação da área total da estação Medeiros Neto (IT1), equivalente a 1.147,1 km², e 59,5% de ocupação da área total da estação Fazenda Cascata (IT2), equivalente a 1.906 km². Em 2018, com uma taxa de crescimento de 24% (Medeiros Neto – IT1) e 34% (Fazenda Cascata – IT2), as pastagens passaram a ocupar 1.423,6 km² e 2.568,1 km², respectivamente, correspondentes a 82,8% da área total da estação Medeiros Neto (IT1), e 80,3% da área total da estação Fazenda Cascata (IT2).

Assim como ocorreu na bacia a montante da estação fluviométrica Helvécia (PE1), pertencente a bacia do rio Peruípe, houve um comportamento inverso entre a classe pasto limpo e a classe pasto sujo nas áreas de drenagem das

estações fluviométricas pertencentes a bacia do rio Itanhém. Enquanto o pasto limpo apresentou um aumento de 834,6 km², equivalente a uma taxa de crescimento de 229,8% na estação Medeiros Neto (IT1) e 1.681,1 km² (crescimento de 356,2%) na estação Fazenda Cascata (IT2), a classe pasto sujo apresentou uma redução de 558,1 km², o equivalente a uma taxa de redução de 71 % (Medeiros Neto – IT1), e 1.019,5 km², equivalente a uma taxa de redução de 71,2% (Fazenda Cascata – IT2).

Tal fato sugere que nas áreas de drenagem das estações pertencentes a bacia do rio Itanhém também tem ocorrido a “limpeza” das áreas para a implantação das atividades pecuárias mais intensas, sendo essa uma das principais forças por trás do desmatamento de áreas de vegetação nativa (FAO, 2013). De acordo com o mesmo autor, a expansão da produção pecuária não se deu apenas em âmbito regional, mas nas últimas décadas, tal

atividade aumentou suas áreas de forma rápida nos países em desenvolvimento. Causando grande pressão sobre os recursos naturais, tanto em âmbito regional, quanto em âmbito mundial, uma vez que pode afetar tanto quantitativamente quanto qualitativamente os recursos hídricos, o ar, o solo e promove a diminuição de habitats e da biodiversidade.

Bacia do rio Jucuruçu (sub-bacias a montante das estações fluviométricas)

Nas Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10, estão apresentados os resultados de uso e ocupação do solo para as áreas de drenagem das estações fluviométricas pertencentes a bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (JU1), Itamaraju (JU2), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4) e Fazenda Rio do Sul (JU5), referentes ao período de 1990 a 2018.

Tabela 6. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Jucuruçu (55330000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55330000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
AV	-	-	-	-	-	-	1,5	0,7	0,0	0,0	-	-
AU	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,4	0,2
AF	7,5	3,3	7,5	3,3	7,5	3,3	2,8	1,2	8,0	3,5	4,5	2,0
AG	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,3	-	-
CA	28,5	12,4	28,4	12,4	17,3	7,6	30,6	13,3	13,2	5,8	2,1	0,9
FI	21,8	9,5	27,3	11,9	27,3	11,9	23,1	10,1	1,7	0,8	7,2	3,1
FM	50,1	21,9	59,8	26,1	97,8	42,6	32,8	14,3	13,5	5,9	15,4	6,7
PL	0,8	0,4	1,7	0,7	1,7	0,7	1,1	0,5	5,5	2,4	185,4	80,5
PS	120,2	52,4	104,4	45,5	77,5	33,8	137,0	59,7	186,3	81,3	14,3	6,2
SV	-	-	-	-	-	-	0,3	0,1	0,1	0,1	0,9	0,4

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário.

Tabela 7. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Itamaraju (55340000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55340000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
AV	-	-	-	-	-	-	8,5	0,4	5,0	0,2	-	-
AU	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,9	0,1	3,1	0,2	3,2	0,2
AF	99,1	4,8	99,2	4,8	98,5	4,8	81,3	4,0	104,3	5,1	47,1	2,3
AG	18,4	0,9	32,6	1,6	43,2	2,1	56,6	2,8	34,2	1,7	20,5	1,0
CA	152,7	7,5	147,2	7,2	154,2	7,5	275,6	13,5	174,2	8,5	61,1	3,0
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,0
EU	-	-	-	-	0,3	0,0	-	-	8,3	0,4	8,8	0,4
FI	147,8	7,2	91,1	4,5	186,5	9,1	182,9	8,9	6,3	0,3	57,9	2,8
FM	1038,0	50,7	968,0	47,3	1076,7	52,6	795,6	38,9	471,2	23,0	509,4	24,9
IR	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	0,1	0,0	0,0
CH	5,2	0,3	5,2	0,3	5,2	0,3	8,0	0,4	2,7	0,1	4,7	0,2
PL	3,9	0,2	7,8	0,4	12,7	0,6	8,9	0,4	224,5	11,0	1124,8	54,9
PS	578,5	28,3	692,5	33,8	466,5	22,8	625,6	30,6	1009,9	49,3	210,3	10,3
SV	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	1,0	0,0	2,2	0,1	-	-
SE	-	-	-	-	0,4	0,0	0,1	0,0	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Tabela 8. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica São José do Prado (55360000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55360000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
AV	-	-	-	-	-	-	4,0	0,4	15,2	1,7	-	-
AU	0,3	0,0	0,4	0,0	0,5	0,1	0,8	0,1	1,2	0,1	1,2	0,1
AF	22,7	2,5	22,8	2,5	28,2	3,1	13,9	1,5	16,1	1,8	10,9	1,2
AG	-	-	1,3	0,1	1,3	0,1	-	-	2,5	0,3	0,7	0,1
CA	154,2	17,1	149,0	16,5	96,0	10,6	175,9	19,5	92,7	10,3	57,0	6,3
EU	0,3	0,0	1,0	0,1	4,0	0,4	2,5	0,3	4,4	0,5	3,8	0,4
FI	36,8	4,1	12,4	1,4	49,2	5,4	98,6	10,9	10,9	1,2	27,6	3,1
FM	280,2	31,1	235,7	26,2	286,7	31,8	165,1	18,3	73,0	8,1	114,9	12,8
IR	-	-	-	-	-	-	0,2	0,0	0,5	0,1	-	-
CH	0,1	0,0	0,1	0,0	1,6	0,2	0,8	0,1	1,5	0,2	3,0	0,3
PL	11,2	1,2	10,8	1,2	16,9	1,9	42,7	4,7	233,3	26,0	634,5	70,4
PS	395,6	43,9	467,7	51,9	416,9	46,2	396,0	43,9	447,2	49,8	47,6	5,3
SV	-	-	-	-	0,4	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	-	-
SE	-	-	-	-	0,5	0,1	0,7	0,1	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Tabela 9. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Cachoeira Grande (55370000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55370000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
AV	-	-	-	-	-	-	4,6	0,3	30,7	1,7	-	-
AU	0,3	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	0,8	0,0	1,7	0,1	1,6	0,1
AF	49,9	2,8	50,8	2,8	56,3	3,1	34,2	1,9	31,5	1,8	22,0	1,2
AG	3,6	0,2	13,8	0,8	27,2	1,5	-	-	8,2	0,5	1,5	0,1
CA	332,3	18,4	334,8	18,6	206,5	11,4	412,6	22,9	204,0	11,4	103,4	5,7
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0
EU	0,9	0,1	1,6	0,1	18,1	1,0	15,3	0,9	13,4	0,7	10,9	0,6
FI	62,7	3,5	22,8	1,3	64,5	3,6	108,3	6,0	12,6	0,7	60,5	3,4
FM	473,3	26,3	411,7	22,8	522,3	29,0	322,7	17,9	182,6	10,2	259,6	14,4
IR	-	-	-	-	-	-	0,2	0,0	1,4	0,1	0,0	0,0
CH	2,1	0,1	2,1	0,1	3,5	0,2	4,0	0,2	1,5	0,1	5,0	0,3
PL	30,5	1,7	30,1	1,7	74,2	4,1	158,7	8,8	647,0	36,1	1204,4	66,8
PS	846,2	47,0	933,7	51,8	828,7	45,9	738,6	41,0	657,3	36,7	132,4	7,3
SV	-	-	-	-	0,4	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
SE	-	-	-	-	1,6	0,1	0,7	0,0	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Tabela 10. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Fazenda Rio do Sul (55380000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55380000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
AV	-	-	-	-	-	-	5,3	0,3	30,7	1,5	-	-
AU	0,3	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	0,8	0,0	1,7	0,1	1,6	0,1
AF	49,9	2,5	50,8	2,6	56,3	2,8	34,2	1,7	31,5	1,6	22,0	1,1
AG	4,4	0,2	26,1	1,3	28,6	1,4	2,4	0,1	18,5	0,9	3,9	0,2
CA	403,3	20,2	405,2	20,3	261,8	13,1	479,3	24,1	227,4	11,5	109,1	5,5
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,0
EU	5,8	0,3	6,4	0,3	35,7	1,8	46,9	2,4	36,5	1,8	30,2	1,5
FI	62,8	3,2	23,1	1,2	64,6	3,2	110,1	5,5	20,3	1,0	75,3	3,8
FM	503,9	25,3	439,7	22,1	544,0	27,3	332,8	16,7	215,1	10,8	295,3	14,8
IR	-	-	-	-	-	-	0,2	0,0	1,5	0,1	0,0	0,0
CH	3,4	0,2	3,4	0,2	4,8	0,2	6,8	0,3	2,9	0,1	6,0	0,3
PL	51,0	2,6	52,6	2,6	130,4	6,5	199,2	10,0	682,6	34,4	1.292,9	64,9
PS	908,0	45,6	985,2	49,4	866,2	43,4	773,1	38,8	714,1	36,0	155,6	7,8
SV	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	-	-

SE	-	-	-	-	1,6	0,1	0,7	0,0	-	-	-	-
----	---	---	---	---	-----	-----	-----	-----	---	---	---	---

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Durante o período de estudo, ocorreu nas áreas de drenagem das estações fluviométricas pertencentes a bacia do rio Jucuruçu uma expansão das pastagens. Em contrapartida, as áreas de vegetação nativa apresentaram redução de suas áreas em todas as estações analisadas. É possível perceber que os totais reduzidos das áreas de vegetação nativa são similares aos totais aumentados das áreas de pastagens, sendo essa, atualmente, a cultura antrópica de maior expressividade nas áreas de drenagem estudadas.

Portanto, de maneira geral, é perceptível que a paisagem das estações analisadas passou por modificações significativas, de modo que a redução das áreas de vegetação nativa está diretamente relacionada ao aumento das áreas antrópicas, destinadas principalmente a pecuária. Cenário similar também foi observado no estudo realizado por Araújo Neto et al. (2017), no vale do rio Trussu - Ceará, onde as atividades antrópicas passaram a ocupar 40,7% da área estudada, gerando uma redução de 38,7% para 11,2% das áreas florestais para uso em atividades humanas como agricultura, pastoreio e urbanização. Tal fato

foi constatado também por Coelho et al. (2014), onde ao estudar a dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do riacho São Paulo, localizada no semiárido brasileiro, foi elucidado que junto com o rápido crescimento das áreas de pastagem/agricultura, a vegetação nativa foi sendo substituída por uma paisagem cada vez mais devastada.

A redução das áreas de vegetação nativa e o uso inadequado do solo, não altera apenas a paisagem, mas implica em perdas significativas de solo, nutrientes e biodiversidade, prejudicando o equilíbrio hídrico das bacias. Além disso, torna a bacia hidrográfica mais suscetível a enchentes, devido a impermeabilização do solo que ocorre quando há o manejo inadequado das terras (Vaeza et al., 2010).

Análise das Variáveis Hidrológicas

Os valores médios das vazões máxima, mínima e média, encontrados para as estações fluviométricas analisadas estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11. Vazões máximas (Qmax), mínimas (Qmin) e médias (Qmed), em m³/s, das estações fluviométricas das bacias dos rios Jucuruçu, Itanhém e Peruípe para os anos de 1990 a 2018.

	Estação	1990	1994	2002	2006	2013	2018
Vazão Máxima	55330000 (JU1)	18,08	18,09	33,69	53,07	17,46	64,07
	55340000 (JU2)	80,18	79,79	90,92	99,99	161,54	153,99
	55360000 (JU3)	55,22	75,06	55,85	94,88	63,88	100,63
	55370000 (JU4)	70,86	82,65	65,13	167,99	81,91	184,04
	55380000 (JU5)	91,07	94,67	80,84	174,63	81,25	164,27
	55460000 (IT1)	113,73	64,91	136,54	577,67	211,39	255,36
	55490000 (IT2)	176,37	89,85	263,78	890,57	204,61	586,71
	55510000 (PE1)	62,39	34,85	43,59	43,07	40,65	37,7
Vazão Mínima	55330000 (JU1)	2,08	2,02	2,53	2,52	1,09	1,35
	55340000 (JU2)	11,71	10,87	8,55	9,76	11,93	10,34
	55360000 (JU3)	4,28	4,76	5,53	6,82	3,11	3,11
	55370000 (JU4)	4,68	5,74	6,8	9,87	2,26	3,35
	55380000 (JU5)	8,61	11,58	10,58	14,12	3,5	5,52
	55460000 (IT1)	8,34	8,63	10,15	13,19	2,89	5,45
	55490000 (IT2)	11,65	13,56	4,74	10,2	0,22	10,31
	55510000 (PE1)	14,34	12,2	13,4	11,54	4,03	3,52
Vazão Média	55330000 (JU1)	7,3	6,67	7,12	7,12	3,08	5,43
	55340000 (JU2)	24,57	21,58	24,43	23,12	26,31	23,57
	55360000 (JU3)	10,07	10,36	12,7	16,97	8,79	10,07
	55370000 (JU4)	13,62	15,88	18,35	26,1	11,96	15,94
	55380000 (JU5)	22,38	24,45	24,41	30,9	15,07	19,54
	55460000 (IT1)	15,78	18,51	22,05	36,28	17	23,94
	55490000 (IT2)	24,67	26,22	29,22	49,34	12,22	41,87
	55510000 (PE1)	21,9	17,47	23,86	19,37	9,21	10,95

Na bacia do rio Jucuruçu, a estação Cachoeira Grande (JU4) apresentou uma maior amplitude entre as vazões mínimas e máximas, variando de 3,35 m³/s a 184,04 m³/s no mesmo ano, sendo essa a maior vazão máxima ocorrida em toda a série histórica. No ano de 2013, as estações Jucuruçu (JU1), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4) e Fazenda Rio do Sul (JU5) apresentaram os menores valores de vazões mínimas para a série histórica analisada de cada estação. Já a estação Itamaraju (JU2) apresentou o menor valor da série histórica de vazão no ano de 2002. Na bacia do rio Itanhém, a estação Fazenda Cascata (IT2) apresentou uma maior amplitude entre as vazões mínimas e máximas, variando de 10,20 m³/s a 890,57 m³/s no ano de 2006, sendo essa a maior vazão máxima ocorrida em toda a série histórica. No ano de 2013, essa mesma estação

apresentou o menor valor de vazão mínima para toda a série histórica analisada. Já na bacia do rio Peruípe, a maior amplitude entre as vazões mínimas e máximas, ocorreu no ano de 1990, variando de 14,34 m³/s a 62,39 m³/s, sendo essa a maior vazão máxima ocorrida em toda a série histórica. A menor vazão mínima ocorreu no ano de 2018 e a maior vazão média no ano de 2002, correspondendo a 3,52 m³/s e 23,86 m³/s, respectivamente.

As hipóteses de igualdade de média foram rejeitadas para as estações fluviométricas: Fazenda Cascata (IT2) e Helvécia (PE1) para vazões médias; Jucuruçu (JU1) e Helvécia (PE1) para as vazões máximas; e Fazenda Cascata (IT2) para as vazões mínimas (Tabela 12).

Tabela 12. Estacionariedade das vazões médias, máximas e mínimas das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019.

	Código	ID	Estação	Bacia	Q media A	Q media B
Vazão Média	55330000**	JU1	Jucuruçu	Jucuruçu	7,29	5,25
	55340000	JU2	Itamaraju	Jucuruçu	26,11	23,55
	55360000	JU3	São José do Prado	Jucuruçu	14,58	11,22
	55370000	JU4	Cachoeira Grande	Jucuruçu	20,85	16,33
	55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu	28,5	20,74
	55460000	IT1	Medeiros Neto	Itanhém	24,54	19,49
	55490000	IT2	Fazenda Cascata	Itanhém	52,28*	27,81*
	55510000	PE1	Helvécia	Peruípe	26,39*	12,82*
Vazão Máxima	55330000**	JU1	Jucuruçu	Jucuruçu	18,38*	35,19*
	55340000	JU2	Itamaraju	Jucuruçu	96,57	109,84
	55360000	JU3	São José do Prado	Jucuruçu	91,78	76,19
	55370000	JU4	Cachoeira Grande	Jucuruçu	123,5	128,2
	55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu	129,2	126,36
	55460000	IT1	Medeiros Neto	Itanhém	195,29	191,66
	55490000	IT2	Fazenda Cascata	Itanhém	342,94	386,45
	55510000	PE1	Helvécia	Peruípe	68,40*	31,57*
Vazão Mínima	55330000**	JU1	Jucuruçu	Jucuruçu	2,46	1,67
	55340000	JU2	Itamaraju	Jucuruçu	9,79	9,6
	55360000	JU3	São José do Prado	Jucuruçu	5,78	4,58
	55370000	JU4	Cachoeira Grande	Jucuruçu	6,86	4,9
	55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu	12,16	7,6
	55460000	IT1	Medeiros Neto	Itanhém	9,9	7,33
	55490000	IT2	Fazenda Cascata	Itanhém	18,08*	5,64*
	55510000	PE1	Helvécia	Peruípe	12,71	7,2

Em que: A – variável para simbolizar o período mais antigo da série de dados; B – variável para simbolizar o período mais recente da série de dados; * - médias estatisticamente diferentes ao nível de $P < 0,05$ pelo teste de Student (t); ** - Intervalo de análise entre 1981 a 1994 com 1995 a 2019.

A rejeição da hipótese de nulidade pode significar uma tendência da redução desses parâmetros ao longo do tempo, uma vez que, no primeiro período de estudo foram observados valores médios superiores aos observados no período seguinte. A redução dos totais precipitados

poderia refletir diretamente nas vazões mínimas, considerando que, as estações fluviométricas analisadas apresentaram valores inferiores no segundo período analisado, indicando uma tendência de diminuição dessas vazões ao longo do tempo, apesar de não terem apresentado diferença estatística significativa, exceto na estação Fazenda

Cascata (IT2). Silva (2019) ao estudar o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio Buranhém, localizada na região do extremo sul da Bahia, obteve um resultado similar aos encontrados neste estudo: diminuição das vazões mínimas e médias ao longo do tempo. Além dessas, apresentou também diminuição da vazão máxima, como ocorreu na bacia do rio Peruípe.

A vazão mínima permite caracterizar a disponibilidade hídrica natural de um curso de água e pode ser considerada um dos limitantes para concessão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos (Uliana et al., 2016). A sua diminuição pode resultar em déficit hídrico nessas bacias e potencializar conflitos pelo uso da água, ponderando que esse é o nível de vazão que assegura a qualidade e quantidade de água necessária para manter minimamente os componentes, funções e processos dos ecossistemas aquáticos.

A diminuição das áreas de vegetação nativa em virtude do crescimento de áreas de monocultura causa influência na quantidade e na qualidade de água disponível em uma bacia. Áreas dominadas pela pecuária, como foi observado em

todas as sub-bacias a montante das estações fluviométricas analisadas, apresentam solos compactados que geram uma menor taxa de infiltração e tempo de residência da água (Souza et al., 2017; Oliveira et al., 2018) gerando uma menor disponibilidade hídrica. Corroborando com essa hipótese, Calijuri et al. (2015) constataram que o aumento significativo de usos antrópicos do solo na bacia hidrográfica do Alto Paraguaçu, localizada no estado da Bahia, acarretou uma variação na precipitação que, consequentemente influenciou na disponibilidade hídrica dessa bacia.

Análise Conjunta dos Dados

A análise de correlações entre as classes de uso e ocupação do solo com as vazões máxima, mínima e média (Tabelas 13, 14 e 15), de acordo com as correlações de Spearman e Pearson (após teste de normalidade dos dados), resultou em algumas correlações significativas a 5% de probabilidade. Ou seja, rejeitou-se a hipótese nula (H0) de não haver correlação, conforme o teste t-Student.

Tabela 13. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões máximas (Qmax) e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas das bacias dos rios Jucuruçu, Itanhém e Peruípe

Classes	Coeficientes de correlação (Qmax)							
	55330000	55340000	55360000	55370000	55380000	55460000	55490000	55510000
AD	-	-	0,65 p	0,65 p	0,39 p	0,13 p	-0,39 p	-0,35 p
AV	-0,07 p	-0,11 p	0,14 p	0,14 p	0,07 p	0,02 p	0,32 p	0,10 p
AU	0,58 p	0,82 p	0,61 r	0,64 p	0,23 r	0,35 p	-0,11 r	0,10 p
AF	-0,88* p	-0,10 p	-0,81 r	-0,71 p	-0,62 r	0,06 p	-0,32 r	0,40 p
AG	-0,65 p	-0,80 p	-0,28 r	-0,09 p	-0,72 r	-0,26 p	-0,54 p	0,30 p
RE	-	-	-	-	-	-	-	0,11 p
CA	-0,22 r	-0,50 p	-0,36 r	-0,26 p	0,13 r	-0,03 p	0,63 r	0,60 p
DR	-	0,71 p	-	-	0,39 p	-	-0,39 p	-0,35 p
EU	0,65 p	0,67 p	0,14 p	0,14 p	0,47 r	0,76 p	0,51 r	-0,04 r
FI	0,09 r	-0,90* p	-0,03 p	-0,03 p	0,80 r	-0,66 p	-0,25 r	-0,31 r
FM	-0,21 r	-0,80 p	-0,54 r	-0,60 p	-0,38 r	-0,44 p	-0,36 r	0,36 r
IR	-	0,78 p	-0,12 r	0,14 p	0,27 p	0,44 p	-0,09 p	-0,34 r
CH	-	-0,72 p	0,63 r	0,41 p	0,89* r	0,33 p	0,39 r	-0,20 p
MN	-	-	-	-	-	-0,13 p	-0,39 p	-
MS	-	-	-	-	-	0,13 p	-0,39 p	0,20 p
PL	0,23 p	0,60 p	0,80 r	0,54 p	0,26 p	-0,18 p	-0,40 r	-0,10 p
OS	-0,76 r	0,00 p	-0,20 p	-0,20 p	-0,51 r	0,14 p	0,32 r	0,22 p
SV	0,58 p	-0,30 p	-0,30 r	-0,15 p	-0,02 r	-0,09 p	-0,37 r	-0,34 p
SE	-	-0,89* p	-0,02 r	0,10 p	-0,17 p	0,30 p	0,68 p	-0,34 p

Em que: AD - Área Degradada; AV - Áreas Úmidas/Várzea; AU - Área Urbana; AF - Afloramento rochoso; AG - Agricultura; RE - Restinga; CA - Comunidade Aluvial Arbórea; DR - Desmatamento Recente; EU - Eucalipto; FI - Floresta Estágio Inicial; FM - Floresta Estágio Médio/Avançado; IR - Instalações Rurais; CH - Corpos Hídricos; MN - Mineração; MS - Mussununga; PL - Pasto Limpo; PS - Pasto Sujo; SV - Sistema Viário; SE - Solo Exposto; p - coeficiente de correlação de Spearman; r - coeficiente de correlação de Pearson; * - correlação significativa a $P < 0,05$.

Tabela 14. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões mínimas (Qmin) e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas das bacias dos rios Jucuruçu, Itanhém e Peruípe

Classes	Coeficientes de correlação (Qmin)							
	55330000	55340000	55360000	55370000	55380000	55460000	55490000	55510000
AD	-	-	-0,65 p	-0,65 p	-0,39 p	-0,65 p	-0,39 p	-0,71 p
AV	-0,37 p	0,45 p	0,07 p	0,07 p	-0,17 p	-0,41 r	-0,06 p	0,00 p
AU	-0,88* p	-0,67 p	-0,54 r	-0,41 p	-0,49 p	-0,67 r	-0,86* r	-0,30 p
AF	0,21 p	0,10 p	0,41 r	0,43 p	0,54 p	-0,52 p	0,33 r	1,00* p
AG	-0,39 p	0,70 p	-0,36 r	-0,26 p	-0,09 p	-0,14 p	-0,14 p	0,90* p
RE	-	-	-	-	-	-	-	-0,45 p
CA	0,66 p	0,60 p	0,78 r	0,77 p	0,89* p	0,77 p	0,81* r	0,70 p
DR	-	-0,71 p	-	-	-0,39 p	-	-0,39 p	-0,71 p
EU	-0,65 p	-0,97* p	-0,20 p	-0,20 p	0,14 p	-0,30 r	-0,51 r	-0,91* r
FI	0,60 p	0,60 p	0,71 p	0,71 p	0,49 p	0,20 p	0,65 r	0,73 r
FM	0,71 p	0,50 p	0,51 r	0,54 p	0,49 p	0,57 r	0,54 r	-0,58 r
IR	-	-0,78 p	0,01 r	0,07 p	-0,33 p	-0,78 p	-0,82* p	-0,80 r
CH	-	0,87 p	-0,60 r	-0,35 p	0,49 p	0,33 p	0,47 r	-0,60 p
MN	-	-	-	-	-	-0,66 r	-0,39 p	-
MS	-	-	-	-	-	-0,65 p	-0,39 p	-0,60 p
PL	-0,81* p	-0,90* p	-0,82* r	-0,49 p	-0,43 p	-0,59 r	-0,75 r	0,80 p
OS	0,09 p	0,30 p	0,31 p	0,31 p	0,54 p	0,23 r	0,53 r	-0,34 p
SV	-0,88* p	0,30 p	0,62 r	0,64 p	0,49 p	-1,00* p	-0,11 r	-0,89* p
SE	-	0,45 p	0,81* p	0,85* p	0,54 p	0,78 p	0,03 p	-0,89* p

Em que: AD - Área Degradada; AV - Áreas Úmidas/Várzea; AU - Área Urbana; AF - Afloramento rochoso; AG - Agricultura; RE - Restinga; CA - Comunidade Aluvial Arbórea; DR - Desmatamento Recente; EU - Eucalipto; FI - Floresta Estágio Inicial; FM - Floresta Estágio Médio/Avançado; IR - Instalações Rurais; CH - Corpos Hídricos; MN - Mineração; MS - Mussununga; PL - Pasto Limpo; PS - Pasto Sujo; SV - Sistema Viário; SE - Solo Exposto; p - coeficiente de correlação de Spearman; r - coeficiente de correlação de Pearson; * - correlação significativa a $P < 0,05$.

Tabela 15. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões médias (Qmed) e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas das bacias dos rios Jucuruçu, Itanhém e Peruípe

Classes	Coeficientes de correlação (Qmed)							
	55330000	55340000	55360000	55370000	55380000	55460000	55490000	55510000
AD	-	-	0,13 p	0,13 p	-0,39 p	0,13 p	-0,39 p	-0,71 p
AV	-0,54 p	0,11 p	-0,17 p	-0,17 p	-0,17 p	-0,29 p	-0,06 p	0,10 p
AU	-0,76 p	-0,82 p	-0,05 r	0,00 p	-0,63 r	0,24 p	-0,47 r	-0,10 p
AF	-0,03 p	0,10 p	-0,20 r	-0,14 p	0,31 r	-0,26 p	-0,09 r	0,90* p
AG	-0,65 p	0,80 p	-0,69 r	-0,69 r	-0,19 r	-0,09 p	0,09 p	0,70 p
RE	-	-	-	-	-	-	-	-0,11 p
CA	0,60 p	0,50 p	0,43 r	0,37 p	0,72 r	0,14 p	0,86* r	0,90* p
DR	-	-0,71 p	-	-	-0,39 p	-	-0,39 p	-0,71 p
EU	-0,39 p	-0,67 p	-0,09 p	-0,09 p	0,13 r	0,57 p	0,16 r	-0,77 r
FI	0,66 p	0,90* p	0,94* p	0,94* p	0,70 r	0,26 p	0,03 r	0,55 r
FM	0,77 p	0,80 p	0,14 r	0,14 r	0,44 r	-0,19 p	0,01 r	-0,44 r
IR	-	-0,78 p	-0,08 r	-0,17 p	-0,33 p	-0,27 p	-0,58 p	-0,57 r
CH	-	0,72 p	-0,01 r	0,29 p	0,62 r	0,70 p	0,62 r	-0,70 p
MN	-	-	-	-	-	-0,07 p	-0,39 p	-
MS	-	-	-	-	-	0,13 p	-0,39 p	-0,50 p
PL	-0,75 p	-0,60 p	-0,16 r	-0,16 r	-0,43 p	-0,10 p	-0,54 r	0,60 p
OS	-0,20 p	0,00 p	-0,49 p	-0,49 p	0,34 r	-0,05 p	0,29 r	-0,11 p
SV	-0,76 p	0,30 p	0,51 r	0,51 r	0,44 r	-0,60 p	-0,36 r	-0,89* p
SE	-	0,89* p	0,88* r	0,88* r	0,54 r	0,78 p	0,85* p	-0,89* p

Em que: AD - Área Degradada; AV - Áreas Úmidas/Várzea; AU - Área Urbana; AF - Afloramento rochoso; AG - Agricultura; RE - Restinga; CA - Comunidade Aluvial Arbórea; DR - Desmatamento Recente; EU - Eucalipto; FI - Floresta Estágio Inicial; FM - Floresta Estágio Médio/Avançado; IR - Instalações Rurais; CH - Corpos Hídricos; MN - Mineração; MS - Mussununga; PL - Pasto Limpo; PS - Pasto Sujo; SV - Sistema Viário; SE - Solo Exposto; p - coeficiente de correlação de Spearman; r - coeficiente de correlação de Pearson; * - correlação significativa a $P < 0,05$.

A contribuição das áreas florestais para a diminuição da vazão máxima (JU2 – ver Tabela 13) é previsível, uma vez que a cobertura vegetal, impede a formação do selamento superficial, pois diminui a força de impacto das gotas de chuva quando estas atingem o solo (Nascimento et al., 2019). Embora a camada do selamento superficial seja de pequena espessura, ela colabora na aceleração de processos erosivos, aumentando significativamente o carreamento de solo, de insumos agrícolas e de matéria orgânica para o leito dos cursos de água no período chuvoso. Além disso, coopera para a perda de fertilidade dos solos agricultáveis, assoreamento de barragens e aumento das frequências de vazões de enchentes, ou máximas, evidenciando a importância da atuação das áreas florestais (Andrietti et al., 2016).

Levando em consideração a contribuição da cobertura vegetal para a diminuição das vazões máximas, a correlação negativa entre essas vazões com as classes solo exposto e afloramento rochoso, nas estações Jucuruçu (JU1) e Itamaraju (JU2), não eram esperadas, uma vez que essas classes, principalmente solo exposto, possuem solos impermeabilizados causados pela ausência de vegetação ou de cultura, e dessa forma contribuem para o aumento do escoamento superficial e consequente aumento das vazões máximas. Diante disso, a correlação positiva entre essas classes e as vazões médias e mínimas, nas estações Itamaraju (JU2), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4), Fazenda Cascata (IT2) e Helvécia (PE1), também não eram esperadas, pois a compactação do solo contribui para diminuição das vazões mínimas de uma bacia hidrográfica. No entanto, é importante destacar que essas classes apresentaram áreas muito pequenas nas estações em questão, correspondentes a menos de 5% da área total, portanto, tais correlações podem não ser conclusivas.

A diminuição das vazões mínimas em virtude da expansão de áreas mais suscetíveis a impermeabilização ocorreu nas estações: Itamaraju, Jucuruçu, São José do Prado, pertencentes a bacia do rio Jucuruçu; Fazenda Cascata, pertencente a bacia do rio Itanhém; e Helvécia, pertencente a bacia do rio Peruípe, onde as classes Pasto Limpo (JU1, JU2, JU3), Sistema Viário (JU1, IT1, PE1), Área Urbana (JU1, IT2), Instalações Rurais (IT2) e Eucalipto (JU2, PE1), se correlacionaram negativamente com as vazões mínimas.

A classe Pasto Limpo apresentou altas taxas de crescimento nas estações pertencentes às bacias do rio Jucuruçu, inclusive naquelas que se correlacionaram negativamente com as vazões mínimas, correspondentes a 78,8% na estação

Jucuruçu (JU1), 752,7% na estação Itamaraju (JU2) e 275,3% na estação São José do Prado (JU3), passando a ocupar a maior parte das áreas de drenagem dessas estações. Apesar das áreas de pastagens possuírem cobertura vegetal, as áreas de pasto limpo são destinadas exclusivamente a atividades pecuárias intensas, e estas podem ocasionar redução da qualidade física do solo que podem ocorrer devido à ausência de um manejo do solo adequado, pelo pisoteio de animais e pelo trânsito de máquinas agrícolas, dificultando assim a infiltração da água no solo, além de favorecer processos de erosão e escoamento superficial (Moreira et al., 2014; Santos et al., 2017). Dessa forma, a expansão dessas áreas, podem estar contribuindo para a diminuição da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Jucuruçu, de forma quantitativa como também qualitativa, uma vez que solos compactados favorecem o carregamento de insumos e excrementos contaminantes para os cursos hídricos. Assim como na bacia do rio Jucuruçu, as estações pertencentes a bacia do rio Itanhém, são predominantemente ocupadas por áreas de Pasto Limpo, e o fato de não ter ocorrido correlações significativas entre essa classe e as vazões mínimas não é um indicativo de que as extensas áreas destinadas a pecuária não estejam afetando a disponibilidade hídrica dessa bacia.

Assim como as áreas de pastagens, as áreas de eucalipto, apesar de possuírem cobertura florestal, são árvores de rápido crescimento, curto tempo de rotação e altas taxas de evapotranspiração, e dessa forma, demandam uma quantidade maior de água. Portanto, apesar da cobertura vegetal auxiliar no processo de infiltração da água no solo, a expansão das áreas de florestas plantadas para fins extrativistas contribui para a diminuição da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica (Barreto, 2019). Essa classe apresentou alta taxa de crescimento na bacia do rio Peruípe, correspondente a 640,6% entre 1990 e 2018, e, apesar de contribuir na redução de processos erosivos e redução de lixiviação de nutrientes (Tadeu, 2014), a expansão desordenada dessa classe pode comprometer a disponibilidade hídrica na bacia do rio Peruípe, uma vez que apresentou uma forte correlação negativa com as vazões mínimas. A estação Itamaraju (JU2) também apresentou correlação negativa forte com as vazões mínimas. Ao contrário do que ocorre na área de drenagem da estação Helvécia (PE1), as áreas de Eucalipto são pouco expressivas, correspondendo a menos de 0,5% da área de drenagem da estação. Portanto, tal correlação pode não ser conclusiva ou se dar por fatores não analisados neste trabalho.

Em contrapartida com as classes já mencionadas, as classes comunidade aluvial arbórea e floresta estágio inicial, atuam diretamente como auxiliadoras no processo de infiltração da água para recarga do lençol freático de modo a aumentar a vazão mínima do curso hídrico, conforme foi percebido nas estações Itamaraju (JU2), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4), Fazenda Rio do Sul (JU5), pertencentes a bacia do rio Jucuruçu, e Fazenda Cascata (IT2), pertencente a bacia do rio Itanhém, que apresentaram correlação positiva dessas classes com as vazões mínimas e médias. Essa é uma relação já prevista por Tucci (2012) e, além dos benefícios hidrológicos que as vegetações nativas favorecem, elas têm alto potencial para fixação de carbono e para proteção do solo e da biodiversidade (Rosa, 2016). Porém, apesar de terem ocorrido correlações positivas com as classes de vegetação nativa entre as vazões mínimas e médias, tem ocorrido a substituição dessas áreas por áreas de atividades antrópicas nas bacias hidrográficas estudadas, principalmente para o desenvolvimento da pecuária e da silvicultura.

Cenário similar foi encontrado no estudo desenvolvido por Nunes e Roig (2015), em um mapeamento de uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto, no Distrito Federal, por meio da classificação temática de imagens, perceberam que houve uma nítida expansão de áreas agrícolas e diminuição das áreas de vegetação natural, podendo impactar diretamente os recursos hídricos da bacia estudada. Da mesma forma, Souza et al. (2017), ao analisarem os coeficientes de inclinação das equações para variação da cobertura do solo da bacia do rio das Fêmeas localizada no oeste da Bahia, notaram que durante o período estudado (1985 a 2015) houve tendência de redução das áreas naturais enquanto as áreas antrópicas tenderam a aumentar, sendo constatado maiores incrementos de áreas antrópicas a partir de 2005. Os mesmos resultados foram encontrados por Souza et al. (2019) ao estudarem a mudança no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto, no Piauí, perceberam que houve a substituição da cobertura de vegetação nativa por áreas destinadas às atividades antrópicas, principalmente a agricultura.

Na bacia hidrográfica do rio Peruípe, a classe agricultura apresentou correlação positiva com a vazão mínima, indicando que o aumento dessa classe pode influenciar no aumento da disponibilidade hídrica dessa bacia hidrográfica. Resultado similar foi encontrado por Silva e Rosa (2017) ao construir cenários para a bacia hidrográfica do alto curso do rio Misericórdia, localizada no Estado de Minas Gerais, onde a

expansão da cobertura da terra pelo cultivo agrícola resultou em um aumento da vazão mínima. Tal fato pode ser explicado devido a presença da cobertura vegetal que facilita a infiltração da água no solo.

Nas estações que apresentaram coeficiente de correlação positivo significativo com as vazões mínimas e médias, as áreas de vegetação nativa sofreram taxas de redução de 63% (IT2), 710% (JU2), 271,7% (JU3), 448,8% (JU4) e 490,3% (JU5). Diminuições tão expressivas influenciam diretamente na disponibilidade hídrica das bacias, uma vez que tem ocorrido essa substituição e favorecido a diminuição das vazões mínimas e médias e aumento das vazões máximas. Além disso, tem-se diminuído também a inércia hídrica das bacias, que é o tempo em que a água fica armazenada na bacia hidrográfica. Apesar de não ter ocorrido coeficiente de correlação significativo com a estação pertencente a bacia do rio Peruípe, essa também sofreu redução de suas áreas de vegetação nativa e pode ter sua disponibilidade hídrica diminuída em virtude disso.

A não ocorrência de mais correlações significativas, principalmente em relação às vazões máximas, não deve ser considerada um indicativo de ausência de relação entre as classes de uso do solo e o comportamento hidrológico da bacia estudada. Tal ausência de correlação significativa também foi observado por Souza et al. (2019) na bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, no Piauí, fato relacionado pelos autores a extensa área da bacia que ameniza os efeitos do uso e ocupação do solo nas variáveis hidrológicas. Apesar das bacias estudadas serem consideradas de médio porte, a razão entre o volume de água e de energia que nelas circulam podem ser considerados grandes, e dessa forma minimizar tais efeitos.

Conclusões

As formas de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu passaram por intensas modificações no decorrer do período estudado, principalmente pela significativa redução das áreas de vegetação nativa em virtude do crescimento das áreas de atividades antrópicas, principalmente as destinadas a pecuária e silvicultura.

Percebe-se que à medida que as áreas de vegetação nativa foram sendo substituídas pelas áreas antropizadas, ocorreu diminuição das vazões mínimas, contribuindo para um possível déficit hídrico na bacia, uma vez que a diminuição dessas vazões pode comprometer a qualidade e quantidade de água disponível para uso. A análise de estacionariedade das séries históricas corrobora tal fato pois, as estações fluviométricas analisadas

apresentaram valores inferiores no segundo período analisado, indicando uma tendência de diminuição dessas vazões ao longo do tempo, mesmo não tendo apresentado diferença estatística significativa

A análise de correlação demonstrou que a expansão de áreas impermeabilizadas e de atividades antrópicas mal manejadas, tem influenciado a diminuição das vazões mínimas. Em contrapartida, apesar da diminuição significativa das áreas de vegetação nativa, os remanescentes florestais continuam atuando na redução das vazões máximas e aumento das vazões mínimas. Diante disso, entende-se que a conservação e recuperação da vegetação nativa das bacias estudadas poderia contribuir para o aumento da disponibilidade hídrica dessas bacias.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), ao Instituto Federal de Educação da Bahia (PRPGI/IFBA) e a Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB).

Referências

- Almeida, A.Q., 2012. Dinâmica hídrica em microbacias cultivadas com eucalipto e pastagem no leste de Minas Gerais. Tese (Doutorado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2020. Hidroweb – Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. Disponível: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso: 25 mar. 2019.
- Andrietti, G., Freire, R., Amaral, A.G., Almeida, F.T., Bongiovani, M.C., Schneider, R.M., 2016. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. *Revista Ambiente e Água* [online] 11. Disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980-993X2016000100162&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso: 27 nov. 2020. DOI: [10.4136/ambi-agua.1769](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1769).
- Araujo Neto, J.R., Andrade, E.M., Palácio, H.A.Q., Sales, M.M., Maia, A.R.S., 2017. Influence of land use/occupation on water quality in the Trussu river valley, Ceará, Brazil. *Revista Ciência Agronômica* [online] 48. Disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902017000100059.
- Acesso: 14 fev. 2021. DOI: [10.5935/1806-6690.20170007](https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170007).
- Barreto, C.A., 2019. Eucalipto, água e sociedade: a construção de representações no Vale do Paraíba, SP. Tese (Doutorado). Piracicaba, Universidade de São Paulo.
- Beppler, M., Justino, G., 2017. Avaliação espaço-temporal da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Miriri (PB). In: Souza, R.F.; Falcão, E.C. (Ed.). *Geoprocessamento Aplicado - Contexto Multidisciplinar*. João Pessoa: IFPB, p. 57-74.
- Bhattacharya, R.K., Chatterjee, N.D., Das, K., 2020. An integrated GIS approach to analyze the impact of land use change and land cover alteration on ground water potential level: A study in Kangsabati Basin, India. *Groundwater for Sustainable Development* [online] 11. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352801X18300973?via%3Dihub>. Acesso: 13 fev. 2021. DOI: [10.1016/j.gsd.2020.100399](https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100399).
- Britto, M., Baptista, G.M. de M., Lima, E.A. de., 2019. O estudo dos componentes do ciclo hidrológico desde métodos tradicionais até o uso de sensoriamento remoto: uma revisão. *Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo* [online] 23. Disponível: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/25952>. Acesso: 13 fev. 2021. DOI: [10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.11](https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.11).
- Calijuri, M.L., Castro, J.S., Costa, L.S., Assemany, P.O., Alves, J.E.M., 2015. Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed. *Environmental Earth Science* [online] 74. Disponível: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-015-4550-0>. Acesso: 13 fev. 2021. DOI: [10.1007/s12665-015-4550-0](https://doi.org/10.1007/s12665-015-4550-0).
- Cerqueira Neto, S.P.G., 2013. Construção Geográfica do Extremo Sul da Bahia. *Revista de Geografia* [online] 30. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228997>. Acesso: 27 nov. 2020.
- Coelho, V.H.R., Montenegro, S.M.G.L., Almeida, C.N., Lima, E.R.V., Ribeiro Neto, A., Moura, G.S.S., 2014. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [online] 18. Disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000100009&lng=pt&tlng=pt.

- Acesso: 27 nov. 2020. DOI: [10.1590/S1415-43662014000100009](https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100009).
- FAO. Food and agriculture organization of united stations, 2013. Livestock and Environment. Disponível: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/Environment.html>. Acesso: 10 jul. 2020.
- Gama, G.F.B. da, Silva, J.B.L. da, Romão, K.C. dos S., Almeida, T.H.M., Pires, L.C., Neves, F.M., 2019. Evolução temporal entre 1990 a 2013 no uso e ocupação do solo em Nova Viçosa, Bahia. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research [online] 2. Disponível: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/1447>. Acesso: 14 fev. 2021.
- INEMA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2018. CBH Peruípe, Itanhém e Jucuruçu. Disponível: <http://www.inema.ba.gov.br/gestao/2/comitedebacias/comites/cbh-peruipe-itanhem-e-jucuruçu/jucuruçu/>. Acesso: 13 fev. 2021.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. Topodata: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso: 15 jul. 2020.
- Moledo, J.C., Saad, A.R., Dalmas, F.B., Arruda, R.O.M., Casado, F., 2016. Impactos ambientais relativo à silvicultura de eucalipto: uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. Geociências [online] 35. Disponível: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEO/SP/article/view/9968>. Acesso: 27 nov. 2020.
- Moreira, W.H., Tormena, C.A., Betioli Junior, E., Petean, L.P., Alves, S.J., 2014. Influência da altura de pastejo de azevém e aveia em atributos físicos de um Latossolo vermelho distroférrico, após sete anos sob integração lavoura-pecuária. Revista Brasileira de Ciência do Solo [online] 38. Disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832014000400027&script=sci_abstract&tln_g=pt. Acesso: 15 fev. 2021. DOI: 10.1590/S0100-06832014000400027.
- Nascimento, R.J. de A., Oliveira, F.P. de, Santos, D., Beirigo, R.M., Francisco, P.R.M., Nascimento, R.R. de A., 2019. Selamento superficial e formação de crosta em solos representativos do Estado da Paraíba. Colloquium Agrariae [online] 15. Disponível: <http://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2784/2748>. Acesso: 13 fev. 2021. DOI: 0.5747/ca.2019.v15.n3.a301.
- Nunes, J.F., Roig, H.L., 2015. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. Revista Árvore [online] 39. Disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622015000100003&script=sci_abstract&tln_g=pt. Acesso: 13 fev. 2021. DOI: 10.1590/0100-67622015000100003.
- Oliveira, F.F., Santos, R.E.S. dos, Araujo, R. da C. de, 2018. Processo erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. Revista Brasileira de Iniciação Científica [online] 5. Disponível: <https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/IC/article/view/699#:~:text=O%20estudo%20da%20din%C3%A2mica%20dos,e%20as%20perdas%20por%20eros%C3%A3o>. Acesso: 13 fev. 2021.
- QGIS. Geographic Information System - Development Team, 2019. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível: <http://www.qgis.org/>. Acesso: 20 mai. 2020.
- Rocha, P.C., Santos, A.A. dos., 2018. Análise hidrológica em bacias hidrográficas. Mercator (Fortaleza) [online] 17. Disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1984-22012018000100225&script=sci_abstract&tln_g=pt. Acesso: 13 fev. 2021. DOI: 10.4215/rm2018.e17025.
- Rosa, M.R., 2016. Comparação e análise de diferentes metodologias de mapeamento da cobertura florestal da Mata Atlântica. Boletim Paulista de Geografia [online] 95. Disponível: <https://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/boletim-paulista/article/view/658>. Acesso: 27 nov. 2020.
- Santos, E.A., 2010. Influência do uso do solo no regime hidrológico da bacia do rio do Lontra. Dissertação (Mestrado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa.
- Santos, D.B. dos, Busnello, F., Vanin, J., Dalacorte, L., Korchagin, J., Petry, C., Bortoluzzi, C.E., 2017. Manejo do solo e da água em uma bacia hidrográfica com bovinocultura de leite intensiva no Norte do RS, in: Tiecher, T. (Org.), Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água. URI, Frederico Westphalen, pp. 141-161.
- Schussel, Z., Nascimento Neto, P., 2015. Gestão por bacias hidrográficas: Do debate teórico à gestão municipal. Ambiente & Sociedade [online] 18. Disponível: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414->

- [753X2015000300009&script=sci_abstract&tlng=pt](#). Acesso: 13 fev. 2021. DOI: [10.1590/1809-4422ASOC838V1832015](#).
- Silva, G.M.F. de, 2019. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica do rio Buranhém. Dissertação (Mestrado). Porto Seguro, Universidade Federal do Sul da Bahia.
- Silva, M.K.A., Rosa, A., 2017. Estudo da vazão e construção de cenários a partir das mudanças de uso da terra e cobertura vegetal nativa da bacia hidrográfica do alto curso do rio Misericórdia – MG. Anais do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e Congresso Nacional de Física. Campinas, SP, Brasil, 17.
- Sobral, M.C., Assis, J.M.O., Oliveira, C.R., Silva, G.M.N., Moraes, M., Carvalho, R.M.C.C., 2018. Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos no submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco – Brasil. Revista Eletrônica do PRODEMA [online] 12. Disponível: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/524>. Acesso: 27 nov. 2020. DOI: [10.22411/rede2018.1203.10](#).
- Sousa, H.T., Pruski, F.F., Bof, L.H.N., Cecon, P.R., Sousa, J.R.C., 2009. SisCAH – Sistema Computacional para Análise Hidrológica 1.0. GPRH, 2009.
- Souza, K.B., Silva, J.B.L., Ratke, R.F., Lisboa, G.S., Almeida, K.N.S., 2019. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto, Piauí. Nativa [online] 7. Disponível: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/7181>. Acesso: 27 nov. 2020. DOI: [10.31413/nativa.v7i5.7181](#).
- Souza, N.S., Souza, W.J., Cardoso, J.S., 2017. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. Engenharia Sanitária e Ambiental [online] 22. Disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000300453. Acesso: 13 fev. 2021. DOI: [10.1590/s1413-41522017155279](#).
- Tadeu, N.D., 2014. Avaliação dos impactos hídricos da monocultura de eucalipto cultivado no trecho paulista da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (BRASIL). Dissertação (Mestrado). São Paulo, Universidade de São Paulo.
- Tambosi, L.R., Vidal, M.M., Ferraz, S.F. de B., Metzger, J.P., 2015. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. Estudos Avançados [online] 29. Disponível: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200151. Acesso: 14 fev. 2021. DOI: [10.1590/S0103-40142015000200010](#).
- Tucci, C.E.M., 2012. Hidrologia: ciência e aplicação, 4 ed. UFRGS: Porto Alegre.
- Uliana, E.M., Souza, L.C.S., Silva, D.D., Souza, A.P., Almeida, F.T., Araujo, A.B., 2016. Regionalização de vazões para o médio e alto Rio Teles Pires – MT. Revista de Ciências Agrárias [online] 59. Disponível: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2240>. Acesso: 27 nov. 2020.
- Vanzela, L.S., Hernandez, F.B.T., Franco, R.A.M., 2010. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online] 14. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008>. Acesso: 27 nov. 2020. DOI: [10.1590/S1415-43662010000100008](#).