

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

A DINÂMICA HIDROLÓGICA DAS VAZÕES DO RIO JAPARATUBA MIRIM, AFLUENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAPARATUBA - SERGIPE

Mariana Stocco Arcieri¹; Marcus Aurélio Soares Cruz²; Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas³; Diego Campana Loureiro⁴; Ricardo de Aragão⁵; Ytallo Rafaell Teixeira de Albuquerque⁶

RESUMO – Os componentes do balanço hídrico de uma bacia hidrográfica são influenciados pelas características do solo, uso e cobertura e pelo regime pluviométrico. O presente buscou avaliar a dinâmica hidrológica das vazões do Rio Japaratuba Mirim, afluente da bacia hidrográfica do Rio Japaratuba em Sergipe, utilizando dados históricos de hidrologia da estação Fazenda Pão de Açúcar compreendidos entre período de 1975 a 2009 agrupados a cada 20 anos. O comportamento hidrológico foi avaliado por meio da determinação de vazões de referência mínimas (Q_{90} e $Q_{7,10}$), médias (Q_M e Q_{50}) e máximas (Q_{TR10} e Q_{TR50}), aplicando análises estatísticas do tipo Empírica, Normal, Weibull, Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson Tipo III. O resultado foi submetido ao teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, ao teste de Mann Kendall no software R e, posteriormente, confrontado com o comportamento das séries de precipitação através do coeficiente de correlação de Pearson e com a caracterização dos tipos de solo e uso e cobertura da região. Evidenciou-se possibilidade de tendência significativa de aumento na chuva média, tendência significativa de redução das vazões de referência mínimas e de aumento nas médias e máximas, refletindo um comportamento provável para regiões de uso e coberturas predominadas por pasto e Argissolos.

ABSTRACT– The components of the water balance of a river basin are influenced by the soil characteristics, use and coverage and by the pluviometric regime. The present study sought to evaluate the hydrological dynamics of the flows of the Japaratuba Mirim River, a tributary of the Japaratuba River basin in Sergipe, using historical hydrology data from Fazenda Pão de Açúcar station between 1975 and 2009, grouped every 20 years. The hydrological behavior was evaluated by means of the determination of minimum reference flows (Q_{90} and $Q_{7,10}$), averages (Q_m and Q_{50}) and maximum reference flows (Q_{TR10} and Q_{TR50}), applying statistical analysis of Empirical, Normal, Weibull, Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson Type III. The results were submitted to the Kolmogorov-Smirnov adhesion test, Mann Kendall test in software R and, later, to the behavior of precipitation series using the Pearson correlation coefficient and to the characterization of soil types and use and coverage of the region. It was evidenced a possibility of a significant tendency of increase in the average rainfall, a significant tendency of reduction of the minimum reference flows and

1) Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil - engmarianasa@gmail.com.

2) Embrapa Tabuleiros Costeiros, Avenida Beira Mar, no 3.250, Jardins, CEP 49025-040 Aracaju, SE, Brasil - marcusascruz@gmail.com.

3) Professor na Universidade Federal de Sergipe. Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão, SE, Brasil - aatlucas@gmail.com.

4) Professor na Universidade Federal de Sergipe. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão, SE, Brasil - campanaloureiro@gmail.com.

5) Professor na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I. Unidade Acadêmica de Engenharia Civil (UAEC), Campina Grande - PB - ricardoaragao@yahoo.com.

6) Doutorando em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Instituto de Química (LATAMA/UFRGS) – ytallorafael@yahoo.com.br

increase in the average and maximum, reflecting a probable behavior for regions of use and coverings predominated by pasture and Argisols.

Palavras-Chave – Hidrologia; Vazões; Estatística.

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente exploração dos recursos naturais, fator determinante para sua degradação e esgotamento, a questão ambiental tornou-se um tema de muito debate entre autoridades e a sociedade geral na busca de soluções que sensibilizem a importância da preservação do ambiente natural acima da visão exclusivamente a favor do lucro mercadológico (RIBEIRO, 2017). A análise dos componentes que detalham as modificações ocorridas no comportamento hidrológico por meio de registros diários de vazões, precipitação e estudos de alterações no uso e cobertura do solo, é de grande importância para gerar informações, gerir os recursos hídricos, esquematizar áreas vulneráveis e garantir a disponibilidade atual e futura frente a problemática ambiental mundial.

As propriedades físicas do solo como porosidade, atividade biológica, palhada, umidade, rugosidade da superfície e declividade do terreno são condições determinantes para a disponibilidade e os fluxos da água nos solos. O controle desses processos determina o movimento da água para os lençóis subterrâneos e as substâncias erodidas para rios e lagos (ROSA DA SILVA et al., 2018).

Além das particularidades intrínsecas a cada tipo de solo, o uso e ocupação dos mesmos também influenciam o escoamento superficial. Solos sem cobertura vegetal ou com um alto grau de compactação apresentam uma maior taxa de escoamento, alterando vazões máximas e mínimas dos mananciais (MAUS et al., 2007). A utilização para cultivos reduz a eficiência da interceptação das águas da chuva pela cobertura vegetal, reduz as taxas de cobertura do solo e tende a reduzir as vazões mínimas, aumentar as vazões médias, já que ocorre o aumento do escoamento superficial e a redução da evapotranspiração (LATUF, 2007). Já no caso da cobertura do solo por pasto de gramíneas ocorre a tendência de aumento do escoamento superficial, a redução da evapotranspiração, das taxas de infiltração de água no solo e conseqüentemente, da alimentação do aquífero, evidenciando o aumento das vazões máximas. (DE OLIVEIRA et al., 2012)

No estado de Sergipe, a degradação é resultante principalmente de atividades agrícolas, exploração de recursos naturais e o desenvolvimento urbano e industrial. Em particular, as áreas desmatadas da bacia do rio Japarutuba, no nordeste do estado, deram lugar a pastagens, plantação de

cana-de-açúcar e exploração de minérios como potássio e petróleo, provocando significativas alterações nos processos hidrológicos e na qualidade das águas dos rios (CRUZ, 2009).

Dentre estudos realizados nesta bacia, Lima et al. (2017) aplicou técnicas de geoprocessamento para abordar técnicas de tratamento digital de imagens de satélite multiespectrais e dados de modelo digital de elevação, com o objetivo de melhor compreender as interrelações geológico-geomorfológicas através das estruturas lineares na área. Os mapas gerados podem servir como fonte de informações de formas do relevo, riscos de erosão, restrições de uso e ocupação urbana. Maynard et al. (2017) propuseram avaliar a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Japarutuba, através do Índice de Sustentabilidade para Bacias Hidrográficas (WSI). A bacia hidrográfica foi classificada em um nível médio em relação à sustentabilidade, demandando atenção prioritária na dimensão hidrológica, em especial, a coleta e tratamento dos esgotos e o abastecimento de água.

O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento das alterações temporais nas vazões do Rio Japarutuba Mirim, tomando como base os registros obtidos em diferentes datas na estação fluviométrica Fazenda Pão de Açúcar, no período de 1975 a 2009, agrupados a cada 20 anos, além de associar as possíveis causas que interferem nos processos hidrológicos locais como o comportamento da precipitação, os tipos de solo e o uso e cobertura. A investigação destes fatos torna-se importante para fornecer informações que subsidiem os processos de tomada de decisão quanto à gestão dos recursos hídricos a partir do planejamento e da gestão ambiental mais adequados de bacias hidrográficas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo contempla o Rio Japarutuba Mirim, um dos principais afluentes do Rio Japarutuba dentro da bacia hidrográfica do Rio Japarutuba ($10^{\circ}13'00''$ e $10^{\circ}47'00''$ de latitude sul e $36^{\circ}48'00''$ e $37^{\circ}19'00''$ de longitude oeste) localizada no nordeste do estado de Sergipe (Figura 1). A bacia possui uma área com aproximadamente 1700 km^2 correspondendo a 7,5% do Estado. (SEMARH, 2015)

A área abrangente pela estação Fazenda Pão de Açúcar possui uma área de $136,34 \text{ Km}^2$. As precipitações na bacia estão concentradas de abril a agosto, com valores anuais máximos da ordem de 1000 mm . A partir do levantamento de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba realizado por Cruz et al. (2012), pode-se destacar a predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos em 74% dessa área (Figura 2). Além disso, cerca de 54% dessa região é coberta por pasto de gramíneas (Figura 3) e outras partes menores são destinadas a terras agrícolas, terras alagáveis e florestas.

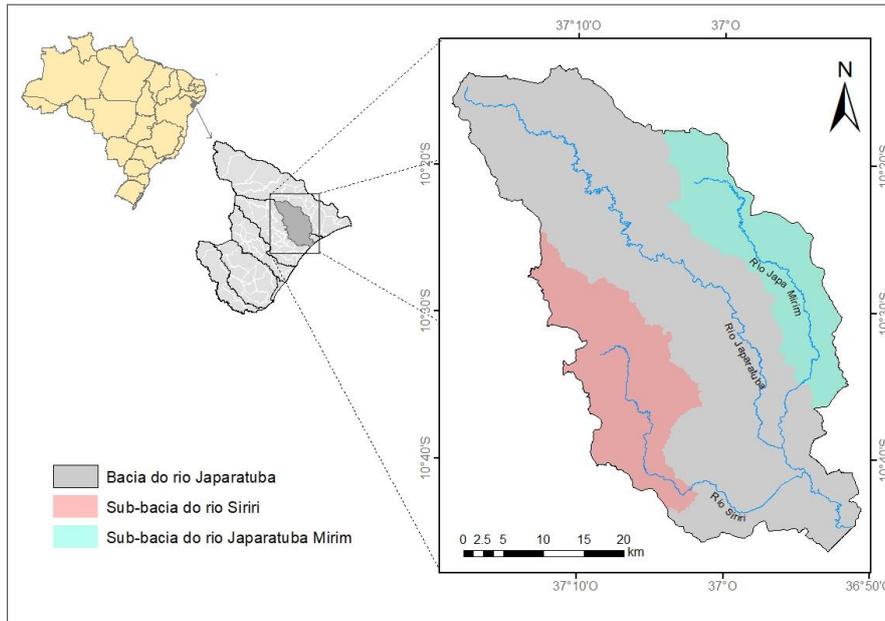


Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba e afluentes principais. Fonte: Elaborado pelo autor.

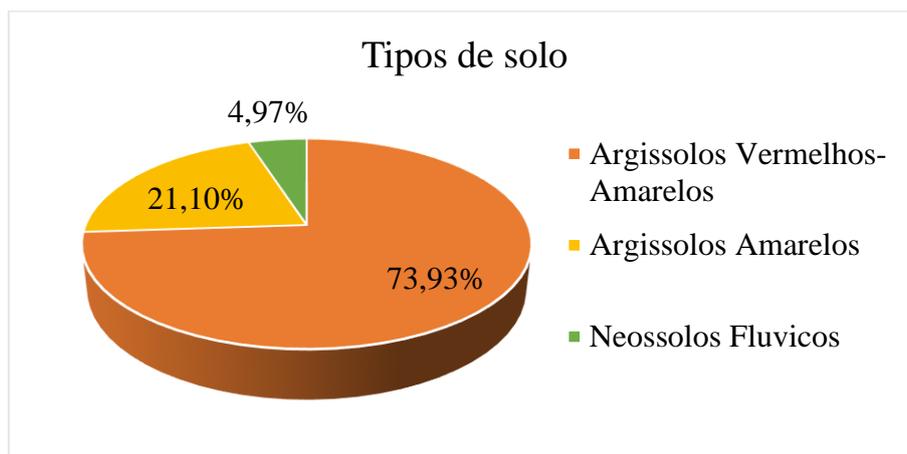


Figura 2 - Tipos de solo predominantes na estação Fazenda Pão de Açúcar. Fonte: Elaborado pelo autor.

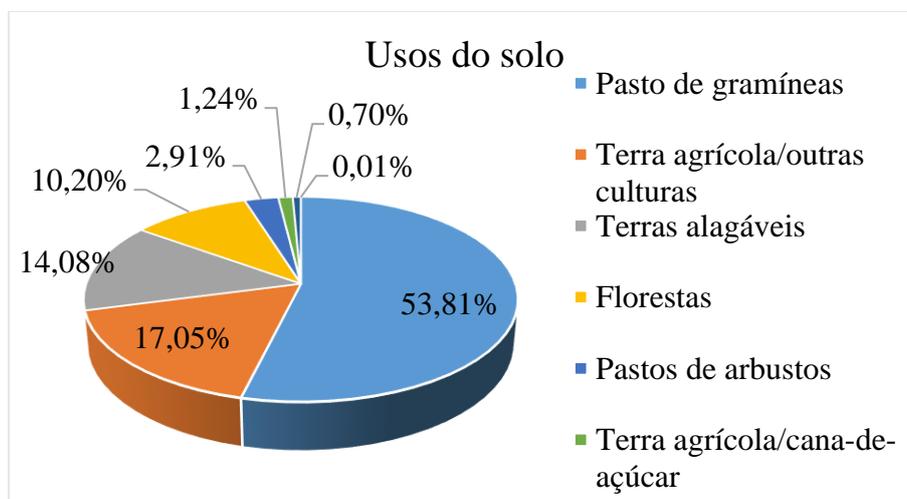


Figura 3 - Tipos de solo predominantes na estação Fazenda Pão de Açúcar. Fonte: Elaborado pelo autor.

As informações hidrológicas de vazão são provenientes de registros das estações mantidas pela Agência Nacional de Águas (ANA), que disponibiliza os dados diários em seu portal HidroWeb. As séries fluviométricas utilizadas para o estudo abrangem dados de vazões do período de 1975 a 2009, fornecidas a partir do monitoramento diário de vazões no rio realizado através do posto fluviométrico 50042000 - Fazenda Pão de Açúcar, estação que encerrou o monitoramento nesse ano.

Os dados levantados na atividade foram submetidos a uma análise exploratória em horizontes de 20 anos deslocados ano a ano na série com fins de verificação da consistência dos dados bem como da avaliação das lacunas que existiam. Os anos inconsistentes foram excluídos e, a partir disto, fez-se possível determinar as vazões de referência (máxima, mínima e a média).

Após a exclusão dos anos com poucos registros, as curvas de permanência foram produzidas para os períodos avaliados a partir da análise de ordem. Realizou-se a enumeração da quantidade de registros organizados em ordem crescente gerando-se a curva entre valores de vazão (m^3/s) e da frequência relativa acumulada (%) referentes a Q_{90} e a Q_{50} , que representam a vazão presente no rio 90% e 50% do tempo. Para a obtenção das vazões mínimas de referência foram ajustadas funções de probabilidade do tipo Empírica, Normal, Gumbel e Weibull, e para as vazões máximas de referência as distribuições Empírica, Normal, Log-Normal, Log-Pearson Tipo III e Gumbel, a fim de estabelecer: $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e 10 anos de período de retorno), Q_{TR10} (vazão máxima de 10 anos de período de retorno) e Q_{TR50} (vazão máxima de 50 anos de período de retorno), conforme literatura apresentada por Collischonn e Tassi (2008). As vazões médias de longo período foram calculadas pela média aritmética simples das vazões diárias da série histórica das estações fluviométricas. Estes procedimentos estatísticos desenvolveram-se por meio de planilhas eletrônicas a adequação dos modelos probabilísticos às séries de vazões foi verificada pelo teste de aderência Kolmogorov-Smirnov (KS) ao nível de significância de 5%, conduzido pelo aplicativo computacional EasyFit (MathWave).

Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos a partir de registros da estação 50042000 - Fazenda Cajueiro em séries históricas da precipitação (mm) total mensal. A informação das chuvas foi espacializada por meio da determinação das áreas de influência de cada estação nas sub-bacias contribuintes aos locais de monitoramento de vazões. A análise dos dados de precipitação também foi realizada a cada 20 anos a fim de verificar o ciclo anual de chuvas da região e suas possíveis alterações nestes, para fins de avaliar uma possível influência das precipitações nas alterações dos regimes hidrológicos nos rios da bacia.

A classificação do coeficiente de variação foi realizada segundo metodologia aplicada por Vörösmart et al. (2005) em que os valores são baixos quando $CV < 0,25$, moderados entre 0,25 e 0,75

e altos quando $CV > 0,75$. A interpretação de o quanto uma variável chuva interfere no comportamento das vazões foi parametrizado por:

- Relação positiva, a correlação se aproximará ou tomará o valor 1, uma relação perfeita e diretamente proporcional;
 - Relação é negativa, a correlação se aproximará ou tomará o valor -1, uma relação perfeita e inversamente proporcional;
 - Relação difusa ou não linear a correlação se aproximará ou tomará o valor 0.
- (GUIMARÃES, 2017)

A partir disso, Evans (1996) sugere que para valores:

- Entre 0 a 0,19 a correlação pode ser classificada como “muito fraca”;
- Entre 0,20 a 0,39 a correlação pode ser classificada como “fraca”;
- Entre 0,40 a 0,59 a correlação pode ser classificada como “moderada”;
- Entre 0,60 a 0,79 a correlação pode ser classificada como “forte”;
- Entre 0,80 a 1.0 a correlação pode ser classificada como “muito forte”.

Por meio do teste estatístico de Mann Kendall realizado através do software R, avaliou-se a existência ou não de tendências de mudanças nas precipitações e nas vazões de referência para os períodos analisados. O teste considera que uma tendência é positiva ou negativa demonstra aumento ou diminuição dos dados analisados, sendo indicado pelo “escore” (Z) e pelo p-value que, sendo menor que $\alpha = 0,05 = 5\%$, determina tendência significativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises realizadas na estação Fazenda Pão de Açúcar abrangeram 5714 registros, obtendo-se ao todo 16 vazões de referência em cada análise segundo a seleção dos períodos de 20 em 20 anos intercalados. A tabela estatística da estação Fazenda Pão de Açúcar está demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela estatística da estação Fazenda Pão de Açúcar. Fonte: Elaborado pelo autor.

	Chuva média (mm)	MÍNIMAS		MÉDIAS		MÁXIMAS	
		Q _{7,10} (L/s)	Q ₉₀ (L/s)	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q _M (m ³ /s)	Q _{TR10} (m ³ /s)	Q _{TR50} (m ³ /s)
Mínimo	1311,43	0	39,19	0,16	0,62	27,04	39,2
Máximo	1791,56	13,46	54,45	0,25	1,01	52,21	83,13
Média	1559,68	2,72	43,51	0,2	0,73	36,95	57,89
Desvio Padrão	179,33	4,95	5,34	0,03	0,1	10,24	15,02
Coeficiente de Variação**	11%	182%	12%	13%	14%	28%	26%
	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado
Correlação com a chuva média***		-0,471	-0,748	0,704	0,791	0,936	0,927
		moderado	forte	forte	muito forte	muito forte	muito forte
Mann Kendall	0,633*	-0,713*	-0,759*	0,459*	0,717*	0,75	0,5*

*Tendência considerada para $p\text{-value} < 0,05 = 5\%$.

**Classificação considerado valores baixos quando $CV < 0,25$, moderados entre 0,25 e 0,75 e altos quando $CV > 0,75$.

***Classificação considerando valores entre 0 a 0,19 "muito fraco", 0,20 a 0,39 "fraco", 0,40 a 0,59 "moderado", 0,60 a 0,79 "forte", 0,80 a 1 "muito forte".

A partir do teste de Kolmogorov-Smirnov, verificou-se que a distribuição estatística que melhor se ajustou para as séries de dados de vazão mínima da estação Fazenda Pão de Açúcar foi a distribuição de Weibull e para a vazão máxima, a distribuição Gumbel.

Outro estudo realizado na mesma bacia por Cruz (2009), também utilizou a distribuição de Weibull para realizar o ajuste estatístico das vazões mínimas e a distribuição de Gumbel para as vazões máximas a fim de realizar uma análise do comportamento hidrológico do rio Japarutuba, onde as mesmas apresentaram melhores ajustes segundo o teste de Kolmogorov Smirnov.

Chuva média

As análises estatísticas realizadas para a estação pluviométrica Fazenda Cajueiro, resultam em um coeficiente de variação igual a 11%, sendo enquadrado em baixo grau de dispersão. O resultado do teste de Mann Kendall demonstra tendência positiva na série, indicando aumento nos valores registrados.

Vazões mínimas: $Q_{7,10}$ e Q_{90}

Na estação Fazenda Pão de Açúcar, os dados apresentam alto grau de dispersão, 182%. O coeficiente de correlação entre as variáveis chuva e vazão é classificado como moderado, em uma correlação negativa, ou seja, inversamente proporcionais. O resultado do teste de Mann Kendall com $p\text{-value}$ abaixo de 5% e Tau negativo, constata tendência de redução dos valores da série fluviométrica.

Destaca-se que para a $Q_{7,10}$ a dificuldade de obter um ajuste mais perfeito da função estatística a partir dos anos 2000, em razão de possíveis alterações antrópicas na medição, resultou em escoamentos nulos, situação também refletida no elevado coeficiente de variação das amostras. Em contrapartida a Q_{90} possui baixo grau de dispersão, 12%, e tem correlação negativa classificada como forte com a série de dados de chuva média. Com a interpretação do teste de Mann Kendall, constata-se tendência significativa de redução dos valores da série fluviométrica.

A literatura aponta que em bacias com predominância de vegetação rasteira como o pasto, predominante em 53,81% no local, a tendência é de aumento do escoamento superficial e redução de

taxas de infiltração no solo, contribuindo para menor alimentação de fluxos subsuperficiais e subterrâneos aos rios (LATUF, 2007). Além disso, os Argissolos, conforme caracterização de Sartori et al. (2005), são solos com taxas de “baixa” a “muito baixa” permissibilidade à infiltração e está presente em aproximadamente 95% da extensão da bacia, preponderando a geração de escoamentos superficiais.

Ressalte-se ainda que em bacias de menor extensão, como no caso desta, há uma tendência de redução na influência das precipitações locais sobre os fluxos subterrâneos. (DE ARAGÃO et al., 2013; ARAGÃO e ALMEIDA, 2009)

Vazões médias: Q_{50} e Q_M

A análise das amostras de Q_{50} e Q_M demonstram baixa dispersão dos dados, 13% e 14%, respectivamente. Com o coeficiente de correlação verifica-se que as variáveis chuva e vazão Q_{50} têm correlação positiva forte e Q_M muito forte, sendo ambas diretamente proporcionais. O teste de Mann Kendall, constata tendência positiva nas duas séries fluviométricas.

Diante da interpretação das análises estatísticas, presume-se que o comportamento de aumento das vazões esteja sendo influenciado também pelo aumento da precipitação neste local. Essa região da bacia também é coberta em maioria por pasto e com Argissolo predominante, características que colaboram para o comportamento de elevação da vazão média e do escoamento superficial. (LATUF, 2007)

Estudo realizado por De Oliveira et al. (2012) na bacia do Rio Branco entre o período de 1985 a 2005, constatou que o comportamento das vazões médias foi de aumento sendo associado ao aumento da precipitação no semestre chuvoso e ao fato da substituição da área de mata por pastagem, devido a menores taxas de evapotranspiração.

Vazões máximas: Q_{TR10} e Q_{TR50}

AS vazões Q_{TR10} mostraram-se crescentes com moderada dispersão dos dados, 28%. De acordo com o coeficiente de correlação as variáveis chuva e vazão tendem a se mover juntas positivamente em grau considerado forte, sendo então diretamente proporcionais. O teste de Mann Kendall não evidencia tendência na série tendo em vista que o p-value é maior do que 5%.

Assim como na Q_{TR10} , o comportamento da vazão Q_{TR50} enquadra-se em moderada dispersão, 26%, de acordo com o coeficiente de variação, e tem tendência crescente, conforme teste de Mann Kendall. Em contrapartida à Q_{TR50} , a correlação é positiva, classificada no grau forte e diretamente proporcional com a precipitação, um indício considerável desta interação.

Como discutido na análise das vazões médias, além de muito forte interação com a chuva média, os elementos de uso e cobertura também atuam como forças motrizes para este comportamento.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos foi possível constatar uma tendência significativa de redução das vazões de referência mínimas do afluente Japarutuba Mirim de acordo com os dados da estação de monitoramento observada, comportamento inverso ao da chuva média.

Nos dados da $Q_{7,10}$ destaca-se a possibilidade de possíveis alterações antrópicas na medição diante da dificuldade de obter um ajuste mais perfeito da função estatística a partir dos anos 2000 resultando em escoamentos nulos e refletida também no elevado coeficiente de variação das amostras, 182%. Já a Q_{90} exibe um comportamento típico de regiões cobertas por pasto e das classes dos Argissolos: predominante em 54% do local, o pasto pode atuar elevando o escoamento superficial e reduzindo as taxas de infiltração no solo e os Argissolos, presente em aproximadamente 95% da área, dificulta a infiltração. Esse comportamento é evidenciado nas vazões médias e máximas onde, com correlações “forte” e “muito forte” com a chuva média, o teste de Mann Kendall constata tendência significativa de aumento.

A pesquisa atingiu o seu objetivo e que os mecanismos de análise utilizados mostraram as alterações nas vazões de referência e a compreensão sobre possíveis influências, assim, os dados podem auxiliar em várias atividades importantes na região, com ênfase no planejamento e gestão dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ANA. HidroWeb. *Sistema de informações Hidrológicas*. Acesso em: 30 de abril de 2018.

COLLISCHONN, Walter; TASSI, Rutinéia. *Introduzindo hidrologia*. 2008.

CRUZ, Marcus Aurélio Soares; COSTEIROS, Embrapa Tabuleiros. *Caracterização da bacia do rio Japarutuba em Sergipe com auxílio de geotecnologias*. II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, p. 617-624, 2009.

CRUZ, MAS. *Análise do comportamento hidrológico do rio Japarutuba a partir de distribuições de probabilidade e curva de permanência de vazões*. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 2009.

CRUZ, MAS et al. *Base de dados do Projeto Japarutuba*. Brasília-DF: Embrapa, v. 1, 2012.

DE OLIVEIRA, Paula Afonso et al. *influência do uso e cobertura do solo no regime hidrológico da bacia do Rio Branco*. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon, v. 1, n. 1, p. 120-125, 2012.

EVANS, James D. *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Thomson Brooks/Cole Publishing Co, 1996.

LATUF, M. de O. *Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do rio Preto e ribeirão Entre Ribeiros*. 2007. 103 f. 2007. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LIMA, Sanmy Silveira; DE ALMEIDA, José Antônio Pacheco; SIQUEIRA, José Batista. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao estudo geológico-geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Japarutuba, Sergipe-Brasil*. Revista GeoNordeste, n. 1, p. 203-214, 2017.

MAUS, Victor Wegner; RIGHES, Afranio Almir; BURIOL, Galileo Adeli. *Pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbanas*. Simpósio De Recursos Hídricos Do Norte E Centro-Oeste, v. 1, p. 17, 2007.

MAYNARD, Isabella Ferreira Nascimento; Cruz, Marcus Aurélio Soares; Gomes, Laura Jane. *Aplicação de um índice de sustentabilidade na bacia hidrográfica do Rio Japarutuba em Sergipe*. Ambiente & Sociedade, v. 20, n. 2, p. 207-226, 2017.

RIBEIRO, Andreza et al. *Sensibilizar para uma nova visão de educação ambiental*. Revista UNIPLAC, v. 5, n. 1, 2017.

ROSA DA SILVA, Leonardo et al. *Índices Físicos do Solo e Alterações Químicas Decorrentes da Ocupação por Necrópoles em Caçapava do Sul-Rio Grande do Sul*. Anuário do Instituto de Geociências, v. 41, n. 1, 2018.

SARTORI, Aderson; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, Abel Maia. *Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. *Relatório do Prognóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba*. SEMARH, 2015.

VÖRÖSMARTY, Charles J. et al. *Geospatial indicators of emerging water stress: an application to Africa*. AMBIO: A journal of the Human Environment, v. 34, n. 3, p. 230-237, 2005.