

Regionalização de vazões de referência para a Bacia Hidrográfica do rio Japaratuba: um modelo para a gestão da oferta de água

Erwin Henrique Menezes Schneider¹; Nívia Raquel Oliveira Alencar² & Iasmine Louise de Almeida Dantas³

RESUMO: *Uma cobertura hidrométrica falha, associada à inconsistência temporal e espacial das séries históricas resultam em grandes empecilhos à determinação da disponibilidade hídrica local. Dessa forma, a modelagem hidrológica e a inferência estatística destacam-se como ferramentas fundamentais à correta gestão e planejamento da oferta hídrica. Dentre os modelos desenvolvidos aptos a lidar com as limitações supracitadas destacam-se os de regionalização, os quais permitem ajustar um modelo de regressão entre os dados hidrológicos obtidos de um local a outras regiões, com carência de informações, desde que haja similaridade entre suas características físicas e climáticas. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi regionalizar por meio do Método Tradicional as vazões com 90% de permanência no tempo da bacia hidrográfica do rio Japaratuba, utilizando o programa SisCoRV e como variáveis independentes a área de drenagem, a precipitação média acumulada e o potencial de armazenamento de água no solo. Avaliou-se a eficiência do modelo através do ajuste de estatísticas objetivas, como o coeficiente de determinação (R^2), o erro padrão e o percentual de resíduos ($R\%$). Conclui-se que o método apresentou resultados satisfatórios e, portanto, possíveis de aplicação, desde que consideradas as peculiaridades apresentadas neste trabalho.*

Palavras-chave: Disponibilidade Hídrica; SCS; SisCoRV.

INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda de água, tanto para usos consuntivos e não-consuntivos, tem intensificado a ocorrência de conflitos em grande parte das bacias hidrográficas brasileiras, fazendo-se necessário o conhecimento mais preciso da disponibilidade hídrica como parte fundamental ao planejamento e gestão eficaz dos múltiplos usos da água.

Contudo, a escassez de informações hidrológicas, associadas à inconsistência temporal e espacial das séries históricas, tem limitado à correta representação do real comportamento hídrico das bacias. Nesse contexto, os modelos de regionalização são ferramentas imprescindíveis ao preenchimento dessas lacunas, visto que possibilita a extrapolação espacial de dados hidrométricos, desde que haja similaridade física e climática entre as regiões estudadas, para estimativa de sua vazão de referência, que representa o limite superior de utilização da água em um curso d'água e tem por fim buscar a minimização dos conflitos pelo uso da água entre os diversos usuários.

A disponibilidade hídrica, identificada pela determinação da vazão de referência, é função de diversas particularidades locais e regionais e existem diversos critérios para estabelecê-las em função da realidade hídrica e dos objetivos locais de gestão desse recurso. Dentre as vazões de referência usadas nos corpos d'água brasileiros, destacam-se as vazões médias – utilizadas na determinação da disponibilidade hídrica potencial de uma bacia (NOVAES *et al.*, 2009; ARAI *et al.*, 2012) –; as vazões mínimas – que caracterizam a disponibilidade hídrica natural (CECÍLIO *et al.*, 2018), a qual é a vazão mais crítica no sentido de atender as demandas dos múltiplos usuários e

¹ Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, erwinhenrique@gmail.com;

² Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, niviaquel@hotmail.com;

³ Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, iasminedantas@gmail.com;

mais voltada à proteção dos ecossistemas fluviais –; e as vazões de permanência – associadas a uma probabilidade de ocorrência ou um risco das vazões em um horizonte de planejamento (CUPAK, 2017).

Em Sergipe, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) adota a vazão com permanência de 90% no tempo (Q_{90}) como referência para disponibilidade de hídrica para concessão de outorga (SERGIPE, 2015).

Dentre os métodos utilizados à regionalização de vazões destaca-se o Método Tradicional (ELETROBRAS, 1985), o qual vem sido aplicado em várias bacias brasileiras com diferentes características, como visto em Andrade *et al.* (2004), Barbosa *et al.* (2005), Lopes *et al.* (2017), Cecílio *et al.* (2018), entre outros. Este método baseia-se primeiramente na identificação de regiões com comportamento hidrológico homogêneo e na geração de equações de regressão que tem como variável dependente uma vazão de referência (mínima, média, máxima ou de permanência) e como variáveis independentes, características físicas e, ou, climáticas de bacias hidrográficas.

Entretanto, segundo Li *et al.* (2009), somente a análise estatística dos modelos de regionalização não é suficiente à estimativa das vazões de referência, é importante que seja considerada a real complexidade do processo através do uso de variáveis que ajudem a descrever o comportamento físico do sistema natural, levando em conta as abstrações relacionadas ao processo de formação das vazões (GONÇALVES *et al.*, 2018).

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo regionalizar as vazões com 90% de permanência no tempo por meio do Método Tradicional da bacia hidrográfica do rio Japarutuba, utilizando o programa SisCoRV e como variáveis independentes a área de drenagem, a precipitação média acumulada e o potencial de armazenamento de água no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Japarutuba situa-se mais ao norte do Estado de Sergipe e possui uma área de 1.664,63 km², equivalente a 7,65% do território estadual e abrange dezoito municípios (SERGIPE, 2015), como apresentado na Figura 1.

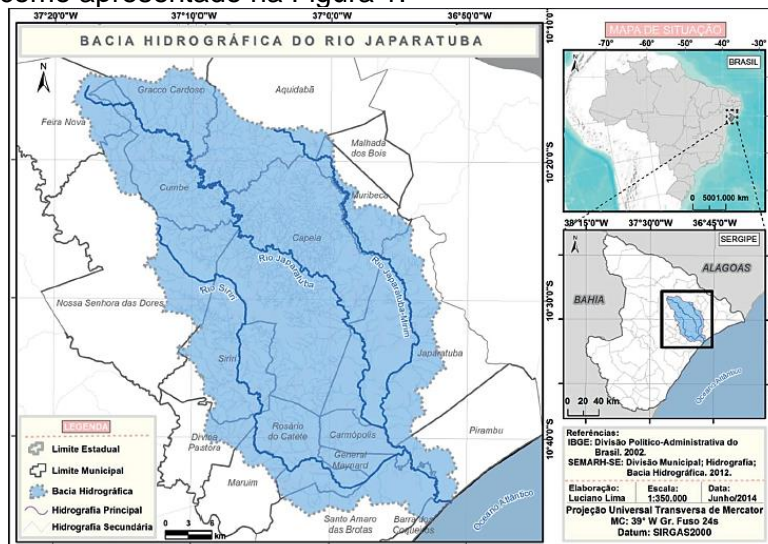


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Japarutuba, Sergipe, Brasil

Fonte: Maynard *et al.* (2017)

Ainda segundo o Plano da bacia hidrográfica do rio Japarutuba (SERGIPE, 2015), na região da Bacia predomina o clima tropical com estação seca de verão, possuindo três regiões climáticas distintas: subúmida (57%), agreste (30%) e semiárida (13%) e período chuvoso de abril a agosto, com maior concentração entre os meses de maio a julho.

A utilização predominante dos solos na bacia são categorias de pastagem (59,96%); cultivos agrícolas (23,49%); e áreas de mata (11,13%), e mata ciliar (2,65%) e ainda vestígios de Mata Atlântica original (MAYNARD *et al.*, 2017).

Para determinação da região homogênea considerada no estudo, utilizou-se a divisão de acordo com a temperatura e chuva, apresentada no Plano Estadual de Recursos Hídricos (SERGIPE, 2010). Dessa forma, das cinco estações fluviométricas inseridas na bacia, fez-se uso apenas das inseridas na região climatológica similar, conforme a Figura 2.

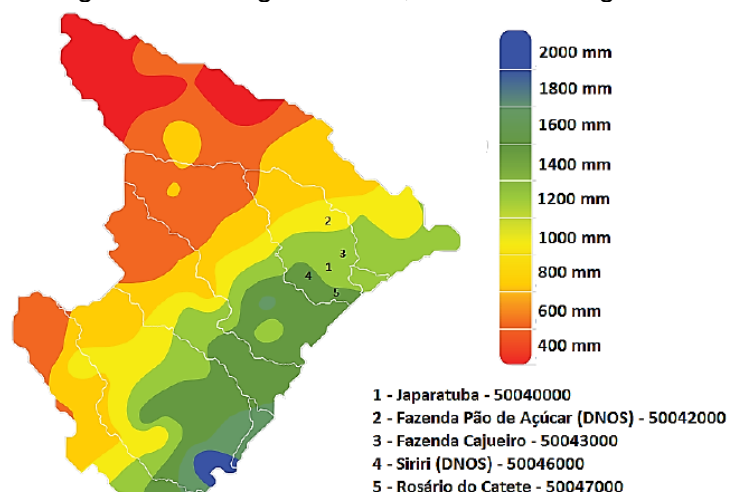


Figura 2. Determinação da região homogênea Japaratuba
Fonte. Adaptado de Sergipe (2010)

A regionalização da vazão Q_{90} foi feita considerando a área de drenagem da estação fluviométrica (SEMARH, 2018), a precipitação média acumulada (ANA, 2019) e o potencial de armazenamento de água no solo como variáveis independentes (SERGIPE, 2015).

Para estimar o potencial de armazenamento de água no solo da bacia (S), foi utilizado o modelo da Curva Número, desenvolvido pelo Serviço de Conservação de Solos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (SCS, 1973). Dessa forma estimou-se o tipo de solo predominante da bacia como sendo franco-arenoso e seus usos, segundo estudos de Aragão *et al.* (2013) e Sergipe (2015).

Como o trabalho prezou aproximar-se o melhor possível do comportamento hidrológico real da bacia, foi simulado as três condições de umidade do solo em função da evolução dos índices pluviométricos na bacia – considerando, dessa forma, a sazonalidade das precipitações –, sendo a condição I para os meses de verão; a condição II logo nos primeiros e últimos meses chuvoso; e a condição III para os meses de maior precipitação.

Para o processamento das séries históricas de vazão, foi utilizado o *software* SisCAH, *software* desenvolvida pelos pesquisadores da Universidade de Viçosa (UFV). Para a determinação da curva de permanência, foi nivelado a série histórica de vazões com a de precipitação, restringindo a série de aos anos de 1973 a 1996, e estabeleceu-se um percentual de até 20% de falhas, tanto para dados anuais quanto mensais. Já para regionalização da Q_{90} , foi utilizado o *software* SisCoRV, também desenvolvido pela UFV, e estabeleceu-se que a melhor equação de regionalização seria aquela que resultasse em valores mais elevados do coeficiente de determinação ajustado (R^2) e baixos valores de erro padrão e de resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2 e 3, respectivamente, é possível observar os coeficientes estatísticos analisados no presente trabalho e a diferença entre as vazões observadas (Q_{obs}) e calculadas (Q_{calc}), destacadas pelo número 1, em comparação ao modelo sem a inclusão da variável referente à infiltração potencial, destacado pelo número 2. Nota-se que houve uma queda da diferença entre as vazões calculadas e observadas com a inclusão da referida variável e que, mesmo para os meses de maiores índices pluviométricos, apresentou-se melhores valores de R^2 , erro padrão e resíduos médios.

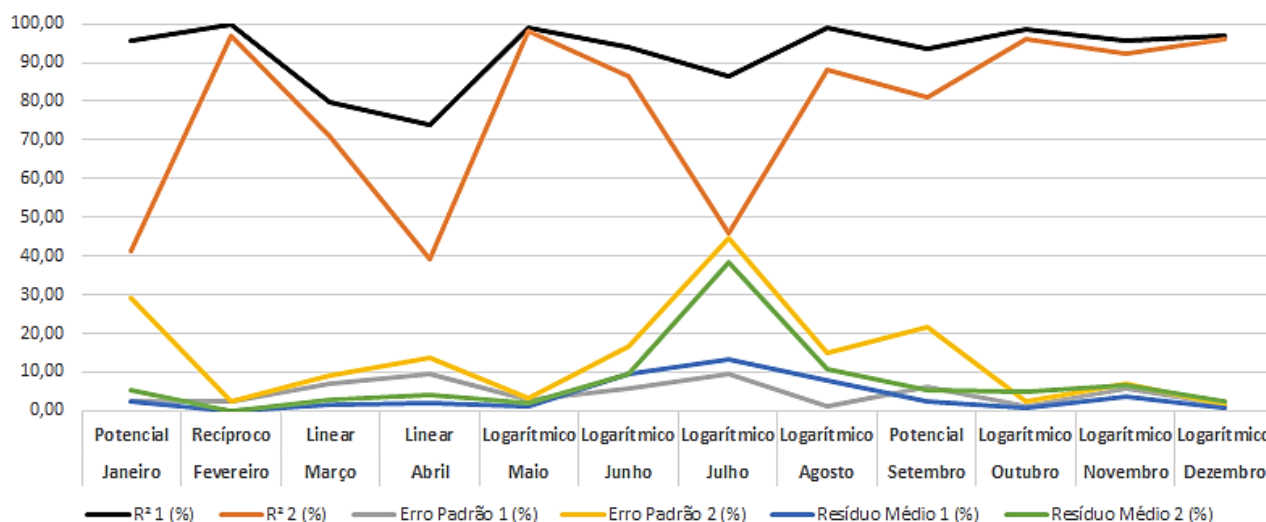


Figura 2. Período, tipo da equação, R², erro padrão e resíduo médio com (1) e sem (2) a inclusão da variável potencial de armazenamento do solo

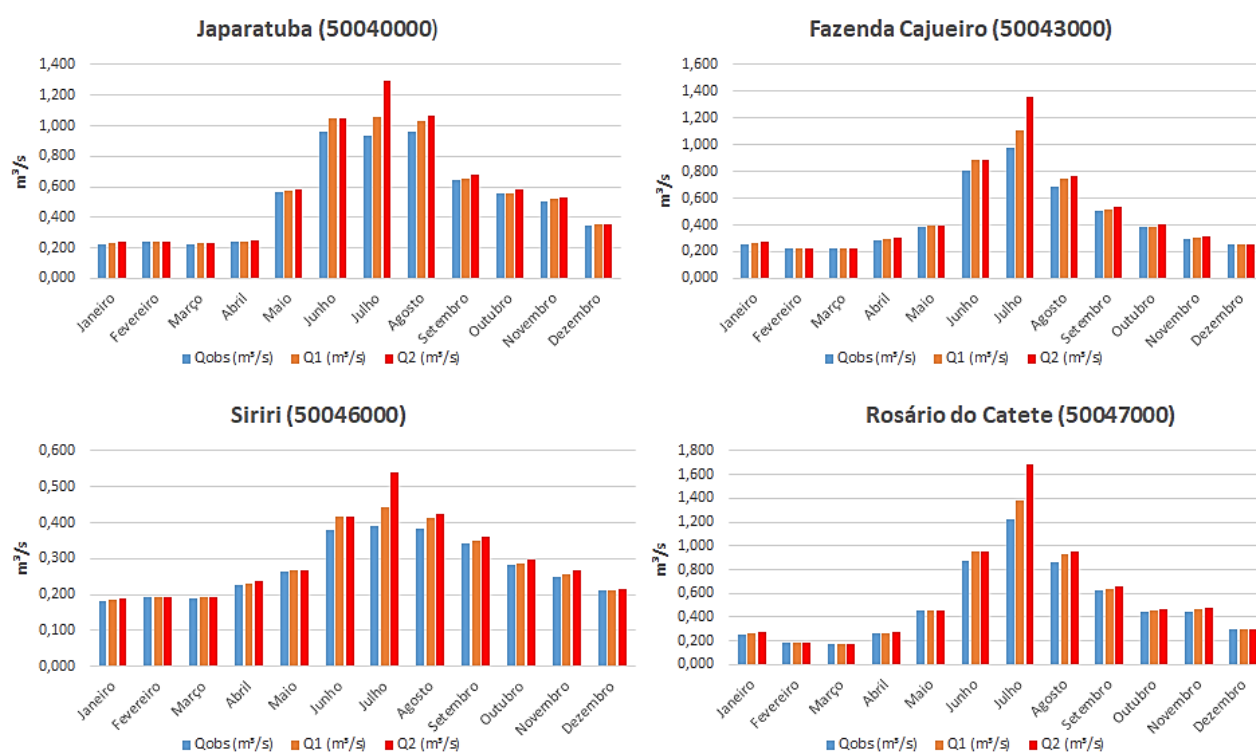


Figura 3. Vazões Observadas e Calculadas para a Região Homogênea estabelecida

CONCLUSÕES

1. A inclusão do potencial de armazenamento de água no solo como variável independente melhorou consideravelmente os resultados do modelo de regionalização, principalmente para os meses chuvosos;
2. A metodologia empregada considerando toda a série disponível de dados apresenta-se como uma forma de estimativa mais conservadora da Q_{90} , considerando-se que agrupa todas as ocorrências de estiagens em um mesmo conjunto;
3. A regionalização da vazão Q_{90} sazonal apresentou resultados coerentes ao comportamento hidrológico da bacia, ratificando, assim, a importância da outorga sazonal como incentivador do desenvolvimento hídrico sustentável na bacia

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. Sistemas de informações hidrológicas, HidroWeb, v2.0.0.1. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em: 04 de março de 2019.
- ANDRADE, E. M.; PORTO, M. M.; COSTA, R. N. T.; MEIRELES, M.; NETO, J. A. C. Regionalização de modelos de vazões médias de longo período para o Estado do Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, v.35, n. especial, p. 139–148, out. 2004.
- ARAGÃO, R.; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A.; MENDONÇA, L. C.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. Análise de sensibilidade dos parâmetros do modelo SWAT e simulação dos processos hidrossedimentológicos em uma bacia do agreste nordestino. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 37, p. 1091-1102, 2013.
- ARAI, F. K.; PEREIRA, S. B. S. B.; GONÇALVES, G. G. G. Characterization of water availability in a hydrographic basin. *Eng. Agrícola*, v. 32, n. 3, p. 591–601, maio/jun., 2012.
- BARBOSA, S. E. S.; BARBOSA JR, A. R.; SILVA, G. Q.; CAMPOS, E. N. B.; RODRIGUES, V. C. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. *Eng. Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 64–71, jan./mar. 2005.
- CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; GASPARINI, K. A. C.; CATRINCK, C. N. Avaliação de métodos para regionalização das vazões mínimas e médias na bacia do rio Itapemirim. *Revista Scientia Agraria*, v. 19, n. 2, p. 122-132, abr./jun. 2018.
- CUPAK A. Initial results of nonhierarchical cluster methods use for low flow grouping. *Journal of ecological Engineering*, Poland, v. 18, n. 2, p. 44–50, 2017.
- ELETROBRÁS – Centrais Hidrelétricas Brasileiras S.A. Metodologia para regionalização de vazões. Rio de Janeiro. 202 p., 1985.
- GONÇALVES, C. J.; OLIVEIRA, A. C. M.; OLIVEIRA, J. R. S.; RIBEIRO, R. B. Estudo de regionalização de vazões para a bacia hidrográfica do rio Paranaíba. *Sustentare*, v. 2, n. 2, p. 97-114, ago./dez. 2018.
- LI, Z.; LIU, W.; ZHANG, X.; ZHENG, F. Impacts of land use change and climate variability on hydrology in a agricultural catchment on the Loess Plateau of China. *Journal of Hydrology*, v. 377, n. 1-2, p. 35-42, out. 2009.
- LOPES, T. R.; ZOLIN, C. A.; PRADO, G.; PAULINO, J.; ALMEIDA, F. T.; LOPES, T. R. Regionalization of maximum and minimum flow in the Teles Pires Basin, Brazil. *Eng. Agrícola*, v. 37, n. 1, p. 54–63, 2017.
- MAYNARD, I. F. N.; CRUZ, M. A. S.; GOMES, L. J. Aplicação de um índice de sustentabilidade na bacia hidrográfica do Rio Japaratuba. *Ambiente & Sociedade*, v. 20, n. 2, p. 207-226, abr./jun. 2017.
- NOVAES, L. F.; PRUSKI, F. F.; QUEIROZ, D. O.; RODRIGUEZ, R. G.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Modelo para a Quantificação da Disponibilidade Hídrica: Parte 1 . Obtenção da Equação de Recessão. *RBRH*, v. 14, n. 1, p. 15–26, jan./mar. 2009.
- SCS – Soil Conservation Service. A method for estimating volume and rate of runoff in small watersheds. 64 p., 1973.
- SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Superintendência de Recursos Hídricos. Sergipe: Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos. CD-ROM, 2018.
- SERGIPE. Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos: diagnóstico das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas, considerando a qualidade e quantidade da água. Volume 1: Levantamento, inventário e estudo dos recursos hídricos superficiais. Tomo II: Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. Sergipe: PROJETEC e TECHNE, 2010.
- _____. Elaboração dos Planos das Bacias Hidrográficas dos rios Japaratuba, Piauí e Sergipe. Relatório Final: bacia hidrográfica do rio Japaratuba. Sergipe: COHIDRO. 371 p. 2015.