

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE PREENCHIMENTO DE FALHAS PARA SÉRIES DE DADOS DE VAZÕES MENSAS

Leonardo Montes Furtado¹; Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira²; Martiniano Alves da Silva Filho³; Alberto Varotto Rinco Dutra⁴; Laís Turato Ballerini Silva⁵; Elisa Rodrigues de Oliveira Vidal⁶; Isabela Maria Souza Henriques⁷; Eliane Prado Cunha Costa dos Santos⁸ & Anderson Ravik dos Santos⁹

RESUMO – Em estudos hidrológicos é rotineira a utilização de séries históricas de vazões, as quais muitas vezes apresentam falhas. Na literatura, encontram-se alguns métodos para preenchimento desses dados. Assim, o objetivo desse trabalho foi comparar três desses métodos, com base em dados de vazões mensais de estações fluviométricas da bacia do Rio Doce. Analisaram-se os postos que apresentaram séries de médias mensais estacionárias. Para eles, correlacionou-se duas a duas a fim de se obter o coeficiente de correlação entre elas, sendo descartadas as que apresentaram valor inferior a 0,84. Foram comparados três métodos de preenchimento de falhas, sendo que, para isso, foram criados 10% de falhas aleatórias e, posteriormente, aplicados os métodos estatísticos de regressão linear entre dados do posto com falhas e o posto de apoio; regressão linear entre os meses de um mesmo posto; e preenchimento através da proporção entre as áreas de drenagem dos postos. Após análise, constatou-se que o método de regressão linear entre dados do posto com falhas e o posto de apoio apresentou melhores resultados.

ABSTRACT – In hydrological studies it is routine to use historical series of flow rates, which often present flaws. In the literature, there are some methods to fill this data. Thus, the objective of this work was to compare three of these methods, based on data of monthly flows of fluviometric stations of the Rio Doce watershed. The stations that presented series of monthly stationary averages were analyzed. For these stations, it was correlated two to two in order to obtain the correlation coefficient between them, being discarded those that presented value inferior to 0,84. Three fault-filling methods were compared, for which 10% of random faults were created and, afterwards, the statistical methods of linear regression between the fault station data and the supporting station were applied; linear regression between the months of the same station; and filling by the proportion between the drainage areas of the stations. After analysis, it was verified that the method of linear regression between data of the station with faults and station of support presented better results.

Palavras-Chave – Bacia do rio Doce; Regressão linear; Proporção de área de drenagem.

- 1) Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG 443 km 07, Ouro Branco MG, (32) 98835-2656, leo-montes@hotmail.com
- 2) Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG 443 km 07, Ouro Branco MG, (31) 98716-1876, emmanuel.teixeira@ufsj.edu.br
- 3) Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG 443 km 07, Ouro Branco MG, (31) 99776-0476, martinalvesfilho@gmail.com
- 4) Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG 443 km 07, Ouro Branco MG, (31) 99998-4515, albertovarotto20@gmail.com
- 5) Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG 443 km 07, Ouro Branco MG, (31) 99890-6715, laishmhp@gmail.com
- 6) Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG 443 km 07, Ouro Branco MG, (31) 99603-6998, elisa_rov@hotmail.com
- 7) Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG 443 km 07, Ouro Branco MG, (31) 99944-2781, isouzaze@gmail.com
- 8) Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG 443 km 07, Ouro Branco MG, (31) 99776-0476, eliane.santos@ufsj.edu.br
- 9) Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG 443 km 07, Ouro Branco MG, (31) 99776-0476, andersonravik@ufsj.edu.br

INTRODUÇÃO

A vazão é uma das principais variáveis hidrológicas, de tal forma que é registrada diariamente em postos ou estações fluviométricas, as quais são monitoradas pela Agência Nacional das Águas. Esse registro é chamado de série histórica e permite a análise das frequências e das ocorrências das vazões ao longo dos anos. No monitoramento das séries hidrológicas, é comum a ocorrência de problemas mecânicos e/ou com o operador, de modo que normalmente existem períodos sem registros ou com falhas nas observações. Como falhas, são designados dados cujos valores são incoerentes, denotam erros grosseiros e apresentam inconsistências.

A falta de informações hidrológicas é um problema para as diversas áreas de afinidades da hidrologia. A carência de informações hidrológicas deve-se, principalmente, à falta de postos de medição fluviométrica no local desejado (HORN, 2016). No entanto, quando estas existem, nem sempre apresentam dados confiáveis ou não possuem uma quantidade de informações considerada representativa para a região. Buscar informações sobre métodos que possam ser utilizados para geração de dados nas áreas carentes de monitoramento é de extrema importância. Pesquisadores do mundo todo tentam solucionar esse paradigma, substituindo dados provenientes de monitoramento por dados gerados a partir de métodos que utilizam informações reais.

Tem-se que há uma necessidade de informações confiáveis, pois uma falha na série temporal pode comprometer a análise e a interpretação dos dados (SANTOS, 2012). Mais que isso, a falta de dados hidrológicos em pequenas bacias gera incertezas que comprometem o gerenciamento dos recursos hídricos (SILVEIRA, 1998). Como exemplo, pode-se citar a carência de energia para propriedades e aglomerados rurais devido à ausência de dados fluviométricos de pequenos mananciais, sendo esses dados necessários para o desenvolvimento de avaliações de potencialidades hídricas e energéticas. Além disso, o abastecimento de água humano, a irrigação e o controle ambiental das bacias necessitam conhecer a distribuição temporal e espacial da vazão dos rios.

Sabendo de todos os problemas gerados pela falta de dados, para os cursos d'água desprovidos desses registros sistemáticos, torna-se necessário desenvolver metodologias que possibilitem a transferência das informações hidrológicas existentes em outras localidades. Existe um conjunto de métodos estatísticos que visam estudar a associação entre duas ou mais variáveis aleatórias, por isso, na literatura, vários foram os trabalhos que fizeram o preenchimento de falhas através de diferentes estudos, como Caldeira *et al.* (2016) utilizaram o Método da média aritmética, Método da relação normal, Método da distância inversa ponderada, Método da regressão linear, Método da regressão linear principal, Método da regressão linear múltipla e Método probabilístico.; Santos (2012) utilizou o modelo SARIMA; Oliveira *et al.* (2010) utilizaram os métodos de ponderação regional, regressões linear e potencial múltiplas, ponderação regional com base em regressões lineares e vetor regional; Pinheiro e Naghettini (2010), Presti *et al.* (2010) fizeram

imputações múltiplas; Kim *et al.* (2008) propuseram um novo método baseado em uma abordagem em duas etapas para lidar com a ocorrência e a quantidade de chuvas diárias separadamente; Alves *et al.* (2005) utilizaram o método das médias ponderadas; Fernandez (2007) aplicou os métodos estatísticos de análise de regressão múltipla, média simples, Steurer, média de três postos, proporção normal e análise harmônica; e Barbosa (2004) utilizou regressão linear.

Neste contexto, avaliaram-se três metodologias de preenchimento de falhas, as quais foram testadas nas séries históricas de vazões de estações fluviométricas da bacia Rio Doce.

METODOLOGIA

Obtenção dos dados e análise preliminar

Inicialmente, a partir da plataforma HidroWeb da Agência Nacional das Águas, foram analisadas as 480 estações fluviométricas presentes na bacia do Rio Doce quanto à existência de dados de vazões diárias, sendo destas apenas 148 postos apresentavam esses dados. Pôde-se observar que as séries históricas apresentavam dados faltosos ao longo dos anos.

Tem-se que séries históricas apresentam tendências ou periodicidade ao longo do tempo, devido a variações naturais do clima e/ou alterações induzidas pelo homem, sendo que quando ocorre esse fenômeno a série é dita não estacionária (NAGHETTINI e PINTO, 2007). A série hidrológica é dita estacionária quando suas propriedades estatísticas não se alteram ao longo do tempo. Séries hidrológicas devem ter como pré-requisito o atributo de estacionariedade, garantindo assim, uma confiabilidade no estudo.

Ocorre que para a previsão hidrológica em bacias hidrográficas sob diferentes condições, muitas vezes são desenvolvidos e aplicados modelos mensais de conversão (SANTOS, 2015). A vantagem dessa escala temporal está na simplificação da formulação de modelos hidrológicos, onde os números de parâmetros utilizados são menores do que naqueles desenvolvidos em base diária.

Dessa forma, para análise de estacionariedade dos postos, foi desenvolvida uma função no *software* estatístico R, o qual é livre e apresenta código livre, a partir da qual se gerou séries de médias mensais para os postos, para seus anos hidrológicos, sendo definido o início em outubro e o fim em setembro. Foram excluídos os anos que continham meses com mais de 10% de falhas (três dias de falhas), sendo que esse critério foi estabelecido para que o preenchimento de dados fosse realizado com valores mais condizentes com os reais. Se os meses com mais de 10% de falhas fossem considerados, as médias mensais poderiam ter valores incoerentes.

Para análise da estacionariedade o teste não-paramétrico do *Coefficiente de Correlação de Spearman* é um dos mais usuais em estudos hidrológicos (NAGHETTINI e PINTO, 2007). Dessa forma, no programa R, foi aplicado esse teste nas séries de vazões mensais das 148 estações

fluviométricas, a 5% de significância, sendo que foi obtido que apenas 72 postos apresentaram séries estacionárias.

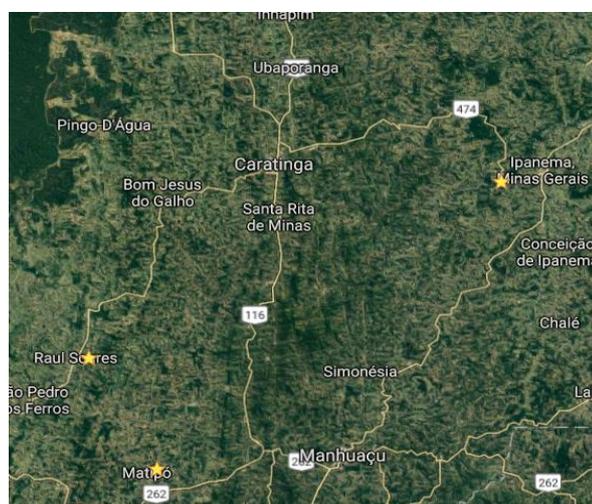
Em seguida, os postos estacionários foram comparados entre si, a fim de se encontrar pares de postos com intervalo de dados coincidentes, para um mesmo período de pelo menos uma década. Para os pares de postos que apresentaram intervalo de dados coincidentes, no programa R, obteve-se o coeficiente de correlação (r) existente entre esses postos. Alguns autores nacionais, como Barbosa (2004), Santos *et al.* (2015) e Vieira *et al.* (2016), apresentam que o valor mínimo de r deve ser 0,84, para que haja uma regressão linear satisfatória entre os dados dos postos. Assim, selecionaram-se pares de postos que possuíam r maiores ou igual a 0,84.

Os postos que coincidiram dados de no mínimo 10 anos e obtiveram um coeficiente de correlação maior ou igual a 0,84 estão listadas na Tabela 1 e apresentados na Figura 1. Como se pode observar, foram apenas dois pares de postos que atenderam as especificações estipuladas.

Tabela 1 – Postos que atenderam aos critérios de seleção estipulados

Posto com dados faltantes	Posto de apoio	Intervalo	r
Matipó	Raul Soares	1965-1977	0,93
Cachoeira da Neblina	Raul Soares	1938-1965	0,93

Figura 1 – Mapa dos postos analisados (representados com o símbolo estrela)



O posto Raul Soares está localizado no município homônimo, no rio Matipó. O posto Cachoeira da Neblina está localizado no município de Ipanema, no rio Manhuaçu, e o posto Matipó está localizado no município de Matipó, no rio Matipó.

Preenchimento das falhas

Para as estações fluviométricas que atenderam aos critérios estabelecidos no item anterior, foram aplicados três métodos de preenchimento de falhas, sendo que para se verificar a precisão desses métodos foi desenvolvida uma função no R, a qual gerou 10% de falhas aleatórias nas séries

de médias mensais dos postos Cachoeira da Neblina e Matipó, ou seja, essa função excluiu valores reais conhecidos. As falhas geradas foram preenchidas pelos métodos sendo o valor preenchido comparado ao valor real que foi excluído. Para se determinar o quão próximos estavam os valores, utilizou-se o método estatístico do erro médio quadrático. Foram preenchidas as mesmas falhas por todos os métodos, para se comparar os resultados obtidos com o preenchimento, podendo assim escolher o método mais adequado. Os métodos estão descritos a seguir.

Método 1 – Regressão linear entre os dados do posto com falhas e o posto de apoio

Existe um conjunto de métodos estatísticos que visam estudar a associação entre duas ou mais variáveis aleatórias. Dentre tais métodos, segundo Naghettini e Pinto (2007), a teoria da regressão e correlação ocupa lugar de destaque por ser o de uso mais difundido. Assim, esse método foi aplicado aos dois pares de postos que apresentaram boas correlações entre as suas séries de médias mensais, sendo que Raul Soares serviu como posto de apoio em ambos os casos, e os postos Cachoeira da Neblina e Matipó foram os postos nos quais houve o preenchimento das falhas. No R, foi realizada a regressão linear entre os pares dos postos para se obter os coeficientes da reta (α e β), de forma a se fazer o preenchimento das falhas, sendo as equações da regressão linear apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Regressão linear entre os dados de vazões mensais

Postos	r	α	β
Matipó e Raul Soares	0,93	-0,20	0,53
Cachoeira da Neblina e Raul Soares	0,93	3,90	1,80

Método 2 – Regressão linear entre os meses de um mesmo posto

Esse método foi utilizado nos postos Cachoeira da Neblina e Matipó. As falhas nesses postos foram analisadas individualmente, sendo que, para cada posto, correlacionaram-se os dados dos meses do posto. Por exemplo, para certo posto, correlacionaram-se as vazões mensais de janeiro com as de fevereiro, e assim por diante. O mês utilizado para o preenchimento de dados no mês faltante foi aquele que apresentou o maior coeficiente de correlação. Assim como no primeiro método, os valores de regressão foram obtidos no R, sendo que as regressões lineares para os meses que apresentaram valores de coeficientes de correlação mais altos estão apresentadas na Tabela 3 e 4.

Tabela 3 – Regressão linear entre dos dados de vazões mensais do posto Matipó

Meses	r	α	β
Março e agosto	0,84	6,15	-9,88
Abril e junho	0,84	2,70	-3,83

Tabela 3 – Regressão linear entre dos dados de vazões mensais do posto Matipó (continuação)

Meses	r	α	β
Maio e junho	0,94	1,50	-1,00
Junho e agosto	0,84	1,48	-0,73
Julho e agosto	0,88	0,60	0,68

Tabela 4 – Regressão linear entre dos dados de vazões mensais do posto Cachoeira da Neblina

Meses	r	α	β
Maio e junho	0,99	1,30	-1,58
Julho e agosto	0,99	1,18	0,65
Agosto e setembro	0,87	0,86	1,37

Método 3 – Proporção entre as áreas de drenagem dos postos

Para utilizar o método de proporcionalidade de vazões, deve-se primeiramente analisar a região dos postos e proceder ao enquadramento do local de interesse em relação às estações fluviométricas utilizadas no estudo, conforme um dos quatro casos preconizados a seguir: Local de interesse situado a montante de um posto com vazão conhecida; Local de interesse situado entre dois postos com vazão conhecida; Local de interesse situado à jusante de um posto com vazão conhecida; Local de interesse situado em um canal afluente, cuja foz está entre dois postos fluviométricos de um canal de ordem superior (MOREIRA e SILVA, 2014).

Com base nas informações sobre a localização dos postos, o método adotado para análise foi o de montante e o de jusante, visto que o posto de Raul Soares (posto de apoio) está à montante da Cachoeira da Neblina (posto com dados faltantes) e à jusante de Matipó (posto com dados faltantes).

Eletrobrás (1985) ressalta que não se deve aplicar esse método quando a relação entre a área do posto fluviométrico em análise (posto com a vazão conhecida) e a seção de interesse (posto com dado faltante) for superior a três, o que não ocorre nesse caso. O posto de Raul Soares (área de drenagem igual a 1390 km²) foi posto utilizado para preenchimento das falhas nos postos Cachoeira da Neblina (área de drenagem igual a 2060 km²) e Matipó (616 km²).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de funções desenvolvidas no R, utilizando-se os três métodos descritos, preencheram-se as falhas nas vazões mensais dos postos Matipó (Tabela 5) e Cachoeira da Neblina (Tabela 6),

tendo sempre como apoio o posto Raul Soares. A partir das tabelas, é possível observar o valor de vazão mensal obtido a partir de cada método e compará-lo ao valor real observado no posto.

Tabela 5 – Comparação entre os valores preenchidos pelos três métodos e o valor real, para o posto Matipó (as vazões mensais estão em m³/s)

Data	Valor real	Método 1	Método 2	Método 3
Agosto de 1968	3,73	4,84	3,69	4,18
Abril de 1969	6,27	6,08	12,38	5,22
Mai de 1969	5,28	4,79	6,03	4,14
Agosto de 1969	3,58	3,56	3,50	3,12
Agosto de 1975	3,28	2,63	3,20	2,35
Julho de 1977	3,96	4,69	11,11	4,06
Erro médio quadrático		0,56	3,38	1,55

Analisando a Tabela 5, no geral, tem-se que os valores preenchidos a partir dos métodos são próximos aos valores reais. Entretanto, no método 2, apesar de apresentar em alguns casos os melhores valores de preenchimento, pode-se observar alguns valores discrepantes, como em abril de 1969, onde o valor real foi 6,27 m³/s e o método gerou uma vazão mensal de 12,38 m³/s, ou seja, 97% de erro. Outro exemplo é julho de 1977, cuja vazão real foi 3,96 m³/s e o valor imputado foi de 11,11 m³/s (erro de 180%). Por isso, os métodos 1 e 3 foram melhores, inclusive isso é confirmado observando-se o erro médio quadrático, em que o método 2 apresentou maior valor. No Método 3, o erro gerado foi pequeno, o que corrobora com Moreira e Silva (2014), o qual apresenta que esse método é eficiente para estudos cuja a área de drenagem do posto de apoio (Raul Soares – 1390 km²) é até três vezes maior que a do posto em análise (Matipó – 616 km²). O método 1 foi o que apresentou menor erro, portanto o melhor resultado. Esse método também se apresentou o mais eficiente em vários trabalhos, como em Fernandez (2007), em que foi analisado o comportamento de cada método em cada variável e através do cálculo do erro médio, erro quadrático e do erro percentual o melhor método encontrado foi o de regressão linear.

Para o posto Cachoeira da Neblina os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Comparação entre os valores preenchidos pelos três métodos e o valor real, para o posto Cachoeira da Neblina (as vazões mensais estão em m³/s)

Data	Valor real	Método 1	Método 2	Método 3
Mai de 1939	18,68	20,03	18,20	13,30
Setembro de 1939	12,00	15,59	11,62	9,64
Março de 1941	55,85	61,72	65,88	47,71

Tabela 6 – Comparação entre os valores preenchidos pelos três métodos e o valor real, para o posto Cachoeira da Neblina (as vazões mensais estão em m³/s) (continuação)

Data	Valor real	Método 1	Método 2	Método 3
Maio de 1942	32,08	30,77	32,83	22,17
Junho de 1944	25,94	27,34	24,62	19,34
Agosto de 1944	19,36	19,85	18,29	13,16
Maio de 1945	44,16	44,24	43,65	33,28
Julho de 1945	28,89	28,67	29,13	20,44
Março de 1947	37,18	38,85	36,12	28,84
Junho de 1949	39,78	41,16	36,94	30,75
Maio de 1950	25,77	27,21	26,40	19,23
Agosto de 1951	17,98	17,41	17,28	11,15
Agosto de 1952	24,63	26,86	23,64	18,95
Setembro de 1952	24,17	27,81	21,76	19,73
Junho de 1958	22,14	24,60	16,64	17,07
Março de 1961	48,29	55,63	42,51	42,68
Junho de 1961	21,82	25,59	20,47	17,89
Junho de 1963	21,87	17,39	19,92	11,12
Julho de 1963	17,23	13,88	18,64	8,23
Agosto de 1963	15,73	13,01	15,28	7,51
Junho de 1964	18,56	17,93	18,42	11,57
Erro médio quadrático		2,44	3,03	5,99

De maneira geral, os resultados dos métodos 1 e 2 são os que mais se aproximaram dos valores reais, sendo que novamente o método 1 apresentou o menor erro e melhores resultados de preenchimento, comparado aos outros dois métodos.

Como se pode observar, para os métodos 1 e 3, o erro quadrático médio de Cachoeira da Neblina se apresenta maior que o de Matipó. Porém, no método 2, em que os dados de um mês do posto são utilizados para preenchimento de outro mês do próprio posto, o erro médio quadrático é semelhante, para os dois postos. Assim, esse método se mostra uma alternativa interessante para o preenchimento de falhas, visto que são utilizados dados do próprio posto. Porém não houve um total preenchimento de dados, pois não se obteve altos coeficientes de correlação para todos os pares de meses. Por exemplo, ao se observar a Tabela 3, percebe-se que os meses de janeiro, fevereiro,

setembro, outubro, novembro e dezembro não apresentaram altas correlações com nenhum outro mês, de forma que as falhas nesses meses não foram preenchidas.

CONCLUSÃO

Pelo desenvolvimento deste trabalho pode-se observar que a maioria das séries históricas de vazões das estações fluviométricas da bacia do rio Doce apresentaram períodos de falhas. Nesse aspecto, compararam-se três metodologias de preenchimento de falhas, sendo que o método de regressão linear entre dados do posto com falhas e o posto de apoio (método 1) apresentou melhores resultados para os dois postos fluviométricas com dados faltantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal de São João del-Rei por ter dado aporte técnico e financeiro a esse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVES. A, KOBIYAMA. M., SILVA. R.V, CHECCHIA. T. (2005). “Análise de dados hidrológicos na região do município de Alfredo Wagner/SC” in Anais do Simpósio de Recursos Hídricos do Sul, I Simpósio de Águas da AUGM, Florianópolis, 2005.
- BARBOSA, S. E. S. (2004). “Análise de dados hidrológicos e regionalização de vazões da bacia do Rio do Carmo. 188f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.
- CALDEIRA. H. P. M. G., PIYATHISSE. V. R. P. C., NANDALAL. K. D. W.(2016). “A Comparison of Methods os Estimating Missing Daily Rainfall Data”, Sri Lanka, The Institution of Engineers.
- ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Manual de minicentrais hidrelétricas. Rio de Janeiro, 1985.
- FERNANDEZ. M. N. (2007). “Preenchimento de falhas em séries temporais”. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2007.
- HORN. J.F.C. (2016). “Estimativa de vazão com dados escassos: Novas hipóteses para o método Silveira”. 540f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de São Maria, Santa Maria, 2016.
- KIM. T.W., AHN. H. (2008). “Spatial rainfall model using a pattern classifier for estimating missing daily rainfall data”, Springer Journal, v. 23. pp. 367-376.
- MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D. (2014). “Análise de Métodos para Estimativa das Vazões da Bacia do Rio Paraopeba”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 2, pp. 313 – 324.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007). *Hidrologia Estatística*. 1. ed. Belo Horizonte: CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Superintendência Regional de Belo Horizonte.

OLIVEIRA. L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. (2010). “*Comparação de metodologias de séries históricas de precipitação pluvial anual*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 11, pp.1186–1192.

PINHEIRO. V. B.; NAGHETTINI, M. (2010). “*Calibração de um modelo chuva-vazão em bacias sem monitoramento fluviométrico a partir de curvas de permanência sintéticas*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 15, n. 2, pp. 143 – 156.

PRESTI. R.L., BARCA. E., PASSARELLA. G. (2010). “*A methodology for treating missing data applied to daily rainfall data in the Candelaro River Basin, Italia*”. Environmental Monitoring and Assessment, n. 160, pp. 1 – 22.

SANTOS. F. A. A; ROLIM, P. A. M; RIBEIRO, N. C. C.; SANTOS, E. M. (2015). “*Avaliação do uso de dados de precipitação gerados pelo CPC/NCEP na modelagem hidrológica em uma região hidrográfica do rio Araguaia*” in Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, PB, Brasil, 2015.

SANTOS, R.S. (2012). “*Homogeneidade e reconstrução de séries climatológicas para localidades no estado de Minas Gerais*”. 100f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA. A.L.L. (1998). “*Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, n. 3, pp. 111 – 131.

VEIRA. J.P.B., ALMEIDA. R.C. (2016). “*Regionalização de Vazões com o Emprego de Redes Neurais Artificiais RBF*” in Anais do I Simpósio de Métodos Numéricos em Engenharia, Curitiba, PR, Brasil, 2016.