

ESTIMATIVA DE VAZÕES AFLUENTES AO RESERVATÓRIO BICO DA PEDRA COM BASE EM CHUVA DE SATÉLITE

Pedro Leite de Souza¹ (IC), Benedito Cláudio da Silva² (PQ), Christie André de Souza³ (PG)

¹Universidade Federal de Itajubá ²Universidade Federal de Itajubá ³Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Alocação de água. Bico da pedra. Chuva de satélite. Gorutuba. Modelo chuva-vazão.

Introdução

Entender sobre a distribuição espaço-temporal da precipitação é importante para pesquisas científicas e principalmente para a tomada de decisões relacionadas à alocação de águas. O presente estudo enfatizará a utilização da chuva de satélite na bacia hidrográfica do reservatório Bico da Pedra.

O reservatório Bico da Pedra, é um barramento localizado ao Norte do estado de Minas Gerais, fazendo divisa com três municípios, sendo eles, Janaúba, Porteirinha e Nova Porteirinha. Este encontra-se inserido na bacia hidrográfica do Rio Verde Grande, a qual é uma sub bacia do Rio São Francisco. O reservatório tem por finalidade combater a baixa disponibilidade hídrica e os conflitos pelo uso da água na região, necessitando de uma alocação adequada de água para garantir os usos múltiplos à população.

A chuva de satélite consiste em estimativas espaciais de precipitação processadas por satélites que fornecem dados sobre a distribuição espacial das chuvas na área de estudo. Os dados utilizados são do GPM-IMERG V06, e passaram a ser emitidos a partir de 2014, com o lançamento do satélite Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG), e sua missão consiste em obter dados de chuva e neve para uma resolução espacial de (0,1° x 0,1°) e temporal (30 minutos). Além disso, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) desenvolve e fornece dados para o MERGE, e a partir deste são feitos os downloads dos dados de chuva de satélite (ROZANTE et al., 2018).

Metodologia

Nesse estudo será utilizado o modelo hidrológico SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure), o qual consiste em um modelo determinístico de simulação hidrológica do tipo transformação chuva-vazão. O desenvolvimento do modelo se baseou na experiência com a aplicação do modelo Stanford Watershed IV e modelo Mero em trabalhos realizados no Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE). Foi

originalmente desenvolvido para intervalo de tempo diário e posteriormente apresentadas versões horária e mensal, adaptando-se algumas modificações em sua estrutura. (LOPES J.E.G., BRAGA B.P.F., CONEJO J.G.L., 1982).

A versão utilizada do SMAP consiste em uma planilha que é destinada à calibração do modelo, a calibração pode ser feita de forma manual ou automatizada com o Solver, ao final apresenta saída gráfica. Os dados para a calibração são: dados de chuva, evaporação de tanque classe A e vazões médias mensais. Alterando os parâmetros de entrada pode checar-se a sensibilidade da calibração. Na Figura 1, é possível observar a estrutura do modelo.

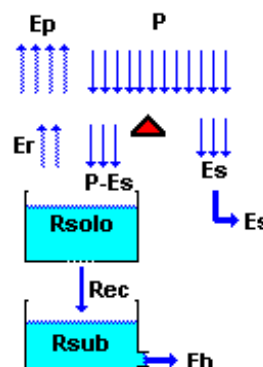


Figura 1 – Estrutura do modelo SMAP.

Em primeiro lugar, houve a delimitação da área de estudo, a bacia hidrográfica do reservatório Bico da Pedra. Para isso, o software QGIS 3.28.4 foi utilizado, nele foram adicionados os Modelos Digitais de Elevação (MDE) da região da bacia obtidos no portal TopoData, e então, feito um mosaico dos mesmos para se fazer a delimitação da bacia do estudo. O projeto ficou georreferenciado com o Sistema de Referências de Coordenadas (SRC) SIRGAS 2000 (EPSG 4674), no qual foram feitos todos os processamentos.

A área de estudo abrangeu a bacia hidrográfica que alimenta o reservatório Bico da Pedra, que possui uma área de 1629,42 km², conforme Figura 2; e, o reservatório Bico da Pedra que possui uma área alagada máxima de 42,10 km² e um volume máximo de 501,70 hm³, conforme Figura 3.



Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo.



Figura 3 – Mapa de localização do reservatório.

O reservatório tem como premissa regularizar as vazões para atender a demanda hídrica dos usuários da região, principalmente o abastecimento público e o perímetro de irrigação.

Inicialmente, foi feito um levantamento para identificar quais são os usuários que fazem uso do reservatório, estes dados foram obtidos a partir dos boletins de acompanhamento da alocação fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA). Além disso, pôde-se obter nos próprios boletins a demanda de cada usuário do reservatório para o período de janeiro de 2015 a maio de 2023, e com isso, calcular a média mensal de consumo.

Posteriormente, foram obtidos os dados de precipitação de satélite, fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para a área da bacia. Com o intuito de se obter valores mais precisos de precipitação, foi delimitada uma área de recorte dos pontos de grade, pontos os quais contêm as informações de chuva, que influenciam na bacia do reservatório Bico da Pedra, conforme Figura 4. Foram selecionados ao total 27 pontos de grade.

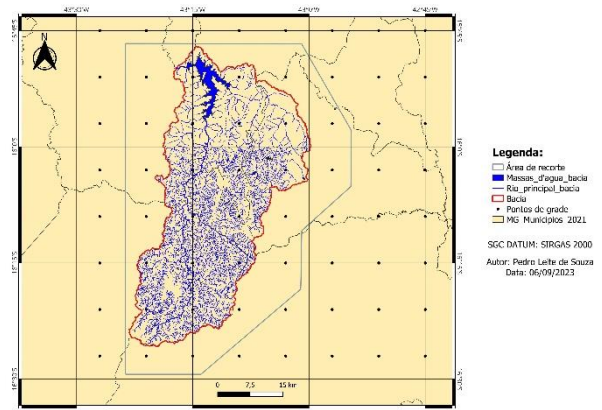


Figura 4 – Área de recorte e pontos de grade.

A partir dos dados coletados dos pontos de grade, foi possível montar uma série histórica para os valores de precipitação desde junho de 2000 até julho de 2023, e para se adequar ao modelo, foram selecionados os valores para o mesmo período.

Foi feito também, a aquisição de dados de radiação global, velocidade média do vento, umidade relativa média, temperatura média de bulbo seco e pressão atmosférica média no nível da estação, a partir do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram coletados de duas estações automáticas, Nova Porteirinha – Janaúba (A563) e Rio Pardo de Minas (A551), ambas inseridas na área de estudo. Estes dados foram utilizados para calcular a evaporação do reservatório e o método utilizado foi o de Penman-Monteith.

Por fim, foi feito o balanço hídrico do reservatório, conforme Equação 1, para que fosse possível determinar a vazão que chega ao mesmo.

$$I = S_{t+1} - S_t + E_v + Q_d \quad (1)$$

Onde: S_{t+1} : Volume final do reservatório [hm^3]

S_t : Volume inicial do reservatório [hm^3]

I : Vazão afluyente [hm^3]

E_v : Evaporação [hm^3]

Q_d : Vazão demandada [hm^3]

Dessa forma, utilizou-se a precipitação sobre o reservatório, a evaporação do reservatório e a demanda hídrica. Esta demanda foi obtida a partir dos dados presentes nos boletins de acompanhamento da alocação, e pode-se observar na Tabela 1 quais são os usuários e quais os seus consumos médios.

Tabela 1 – Usuários do reservatório Bico da Pedra e seus respectivos consumos médios em [L/s].

Tipos de Uso	Consumo Médio [L/s]
Abastecimento Público	127,47
Distrito de Irrigação do Perímetro Gorutuba (DIG)	945,46
Aquicultura	11,31
Associação dos Proprietários Irrigantes da Margem Esquerda do Rio Gorutuba (ASSIEG)	309,63
Usos Difusos à Jusante	286,09
Usos Difusos no Reservatório	12,97

Para o cálculo, também foi necessário saber a variação de volume do reservatório em relação ao início e término de cada mês, assim a curva Cota x Área x Volume foi traçada.

Resultados e discussão

Utilizando-se o Excel, foi possível organizar os dados de chuvas de satélite em planilhas. Após feita a listagem, iniciou-se a etapa de cálculos, onde foram determinados os quartis, sendo eles, as médias, máximas, mínimas, quartis 1 e 3 para uma escala mensal. Em seguida, traçou-se uma linha para os valores mensais do ano vigente (2023) para comparar com os valores da série histórica, conforme Gráfico 1.

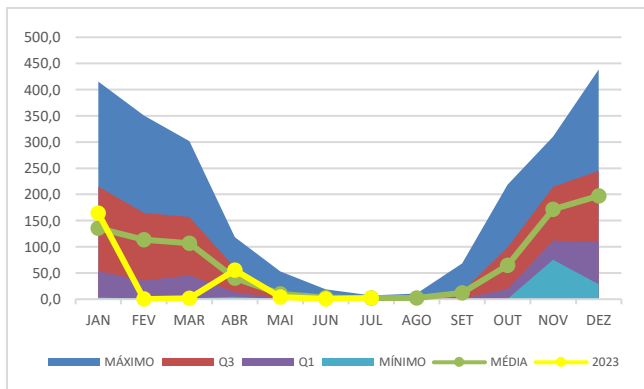


Gráfico 1 – Distribuição de chuvas [mm/mês] na área de estudo.

Paralelamente à distribuição das chuvas sobre a área de estudo, calculou-se a evaporação direta sobre o reservatório com o auxílio do mesmo software. Para o cálculo da evaporação foi adotado o modelo de Penman-Monteith, este fornece os valores de evaporação em mm/dia. Com isso, obteve-se o valor de evaporação para todos os meses do período de estudo, que tem início em janeiro de 2015 e término em julho de 2023, como pode ser observado no Gráfico 2.

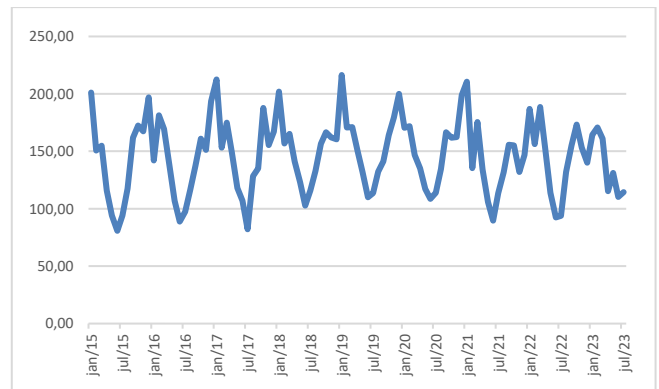


Gráfico 2 – Distribuição da evaporação [mm/mês] na área de estudo.

Através dos cálculos mencionados acima, os dados foram inseridos na planilha de Excel com o modelo SMAP, este então, pôde ser integralmente preenchido, com a evaporação potencial mensal, com a chuva média mensal e com os valores de calibração.

Tabela 2 – Parâmetros variáveis do modelo SMAP e dados iniciais para execução da simulação.

Rio Gorutuba, Bico da Pedra					
Parâmetros			Inicialização		
sat	1909,4		400<5000		
pes	3,0434		ebin	0,000	
crec	0	0,00	0<70		
k	1	0,5	Ad=	1629,42	Km²
tuin	50,69	0,5			

Executou-se os cálculos do modelo, e com a utilização da ferramenta Solver, foi possível obter valores de vazões que teriam acontecido na área de estudo. Dessa forma, um gráfico comparando a vazão observada e a vazão calculada foi gerado, este é observado no Gráfico 3.

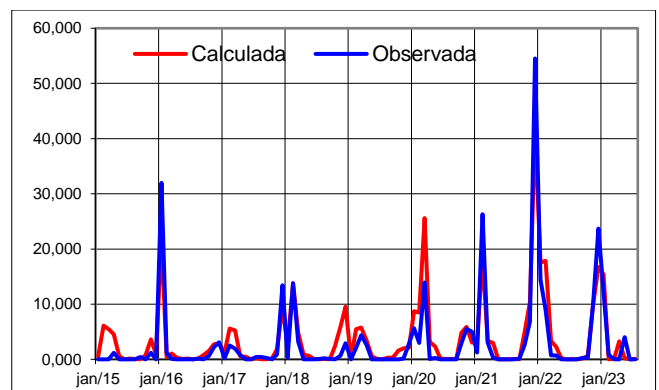


Gráfico 3 – Comparação entre as vazões calculadas pelo modelo SMAP [m³/s] e vazões observadas [m³/s].

Por fim, foi traçada uma curva da diferença em relação à média acumulada, mostrada no Gráfico 4.

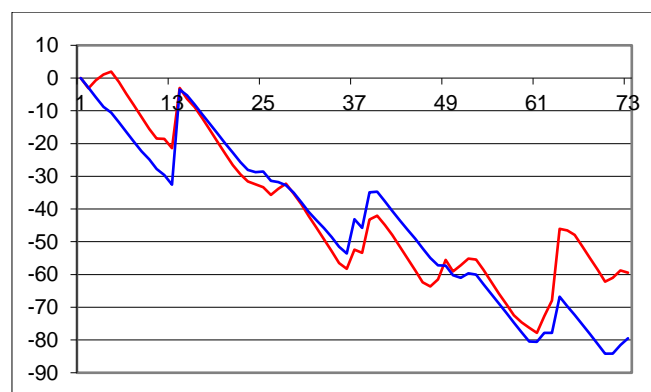


Gráfico 4 – Diferença em relação à média acumulada.

Com isso, foi possível analisar no Gráfico 1, que existe um padrão na precipitação que incide sobre a bacia, apresentando estações bem definidas, uma com grandes volumes de chuva que ocorre entre os meses de outubro e março, e outra de estiagem que ocorre entre os meses de abril e setembro. Nota-se também, no Gráfico 2, um padrão na evaporação mensal, ficando evidente que nos meses de estiagem a evaporação do reservatório é menor que na época das chuvas, isso se deve a redução da área alagada do reservatório.

Além disso, constatou-se que no Gráfico 3, as vazões calculadas pelo modelo SMAP se mostraram bastante satisfatórias, onde a maioria dos valores apresentaram resultados similares e próximos dos valores observados. No entanto, nota-se que alguns valores de vazões foram superestimados, apresentando picos um pouco maiores aos observados. Essa superestimativa pode ter sido ocasionada devido às incertezas nos dados de entrada, que podem ser uma subestimativa nas vazões observadas ou uma superestimativa nos valores de chuva utilizados.

Conclusões

O presente estudo mostrou-se satisfatório para o período de análise, uma vez que, o modelo SMAP se ajustou de maneira confiável para os dados de vazão transformados pelo método determinístico de chuva-vazão. Dessa forma, a simulação de operação do reservatório Bico da Pedra pode ser feita com precisão.

Com base no exposto, conclui-se que o modelo SMAP apresenta potencial significativo para ser usado como ferramenta de previsão de disponibilidade hídrica para o reservatório Bico da Pedra, podendo assim, auxiliar na alocação de água do reservatório.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pelo financiamento do projeto Incorporação de Previsões Climáticas e Hidrológicas na Gestão da Alocação de Água no Rio São

Francisco (Edital Pró-Recursos Hídricos), à UNIFEI e à FAPEMIG pela concessão de uma bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor.

Referências

De águas, A.N. Marco Regulatório estabelecendo condições de uso dos recursos hídricos no sistema hídrico reservatório Bico da Pedra e rio Gorutuba, no Estado de Minas Gerais. **Nota Técnica nº 11/2017/COMAR/SER**. N. 1-25, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS e SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **HIDROWEB**.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL (INMET). **Normais Climatológicas (1991 – 2020)**. Brasília – DF, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TopoData: banco de dados geomorfométricos do Brasil**.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climatológicos (CPTEC)**.

LOPES, João Eduardo G. **Modelo SMAP**. 1999

ROZANTE, J. R. et al. **Performance of precipitation products obtained from combinations of satellite and surface observations**. VOL. 41, Nº 19: INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING, 2020.