

MODELAGEM HIDROSEDIMENTOLÓGICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RESERVATÓRIO PEREIRA MIRANDA

Abduramane Dos Santos Balde¹
George Leite Mamede²

RESUMO

O presente trabalho busca analisar a eficiência do modelo WASA-SED em estimar a evolução do nível e volume em reservatórios estratégicos em uma bacia com densa rede de reservatórios superficiais no semiárido brasileiro. A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Açude Pereira de Miranda - Pentecoste. É uma sub-bacia localizada na microrregião do Curu, centro-norte do estado do Ceará. Para a modelagem hidrológica, foram realizadas simulações da evolução do nível e volume de seis reservatórios para o período de 1980 a 2019, e os resultados do modelo foram comparados com os volumes medidos dos respectivos reservatórios. Em uma avaliação geral, o modelo teve um desempenho satisfatório e, com valores de NSE variando de 0,5 a 0,9 para todos os cenários de simulação, e os valores modelados apresentaram a mesma ordem de magnitude dos medidos. No entanto, o modelo apresentou dificuldade em simular a retoma após longos períodos de estiagem.

Palavras-chave: Modelagem hidrológica WASA-SED Reservatórios Superficiais .

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Discente, abduramane@aluno.unilab.edu.br¹
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Docente, mamede@unilab.edu.br²



INTRODUÇÃO

Entre as principais características da pluviometria em regiões semiáridas estão a grande variabilidade espacial e temporal, baixos totais anuais e eventos prolongados de seca. A taxa de evaporação é elevada devido aos elevados níveis de radiação solar incidente, o que contribui adicionalmente para aumentar a escassez de água durante longos períodos sem chuva (CORREIA et al., 2011). Essa limitação de oferta de recursos hídricos é uma condição que historicamente serviu de entrave ao desenvolvimento socioeconômico da região (LIMA, 2020). Os meios adotados para minimizar os impactos da pouca disponibilidade de recursos hídricos variaram desde medidas meramente assistenciais até intervenções permanentes, com investimento em estruturas, como é o caso da construção de reservatórios superficiais (ANA, 2017). Segundo Lira (2012), a construção da maioria dos reservatórios não teve um plano integrado resultando em uma densa rede de reservatórios de pequeno e pequeno, médio e grande porte. Por este motivo, nem todos os reservatórios são hidrologicamente eficientes. Além disso, eventos como a deposição de sedimentos afetam negativamente o armazenamento de água nesses reservatórios.

O presente trabalho pretende simular os processos hidrológicos em uma bacia com uma densa rede de reservatórios superficiais no semiárido brasileiro usando o modelo WASA-SED.

METODOLOGIA

A área de estudo é a bacia hidrográfica do reservatório Pereira Miranda - Pentecoste. É uma sub-bacia inserida na microrregião de Curu, com uma área drenada de 2.840 km², abrangendo parte dos municípios de Pentecoste, Apuiaries, Canindé, Caridade e Paramoti (COGERH, 2020).

O modelo WASA (*Model of Water Availability in Semi-Arid environments*) é um modelo hidrológico desenvolvido por Güntner (2002). O modelo é determinístico, semi-distribuído, desenvolvido para regiões semiáridas e subúmidas (GÜNTNER, 2002; MAMEDE, 2008; MEDEIROS, 2009). Ao modelo WASA foi acoplado o módulo de sedimentação, de modo que a sua versão atual é denominada de WASA-SED. Já foi empregado com sucesso em vários estudos realizados no Semiárido brasileiro e em outros países como: Espanha, Marrocos, Chile, Índia, Ásia Central, e outros (BRONSTERT et al, 2014).

A versão do Modelo WASA-SED aplicado no presente trabalho provém da parametrização proposta por Medeiros (2009), com algumas calibrações realizadas por Lima (2020). A partir dessa versão foram adaptados os dados de entrada para a simulação do volume de seis reservatórios estratégicos presentes na bacia do açude Pentecoste. São eles: Desterro, Pentecoste, Salão, São Domingos, São Domingos e São Mateus.

As séries históricas de precipitação foram obtidas a partir de dados de postos pluviométricos disponíveis no portal da FUNCEME.

As séries históricas de radiação, temperatura e umidade estão disponíveis no portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As simulações foram realizadas tendo em conta dois cenários: simulação com retirada e sem retirada. Na simulação com retirada conta-se com a vazão regularizada dos reservatórios, já na simulação sem retirada esse valor é desprezado.

Para avaliar a eficiência do modelo, foi empregado o coeficiente Nash e Sutcliffe (NSE).

$$NS = \frac{\sum_i^n (Em - Es)^2}{\sum_i^n (Em - \bar{Es})^2} \quad (1)$$



em que Em é o evento observado; Es, o evento simulado pelo modelo; $\bar{E}s$, a média do evento observado no período de simulação; e n, o número de eventos. O coeficiente (NSE) pode variar entre negativo infinito a 1, sendo o valor 1 indicativo de um perfeito ajuste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos a seguir (figuras 1 a 5) mostram uma comparação entre os valores modelados, com e sem retirada, e os valores medidos. Os coeficientes de Nash Sutcliffe (NSE) do respectivo reservatório são mostrados em cada gráfico.

No açude desterro (figura 1), tanto a modelagem com retirada como a modelagem sem retirada simularam com uma precisão elevada o padrão da variação do volume do reservatório. Nos dois casos o modelo superestimou os dados no período entre 2006 e 2007, e em 2012. A modelagem sem retirada apresentou um melhor desempenho na previsão do comportamento do açude com valor de NSE de 0,8. Depois de 2019, teve uma pequena retomada no volume dos reservatórios após o período de estiagem iniciado nos finais de 2013, e o modelo não simulou esses valores.

Figura 1 - Comparação entre o volume medido e o modelado no açude Desterro.



Fonte: Elaborado pelo autor

No açude pentecoste (figura 2), tanto na modelagem com retirada como na sem retirada o modelo apresentou um coeficiente de eficiência próximo de 1. Ao contrário do açude desterro, aqui a modelagem com retirada apresentou uma maior eficiência, com um valor de NSE igual 0,9. A modelagem sem retirada apresentou um coeficiente NSE de 0,83. Comparando com os outros reservatórios, é a melhor previsão de todos. Tal como no reservatório Desterro, o modelo não simulou a retomada após o período de seca.

Figura 2 - Comparação entre o volume medido e o modelado no reservatório Pentecoste.



Fonte: Elaborado pelo autor

No açude salão (figura 3), tanto para simulação com retirada como para a simulação sem retirada a modelagem apresentou uma eficiência NSE próxima de 0,5. É a menos precisa de todos os outros resultados, com 0,52 e 0,61 para a simulação com e sem retirada respectivamente. Ao contrário dos outros reservatórios, aqui houve uma retomada depois da seca, no entanto, superestimando os valores de volume.

Figura 3 - Comparação entre o volume medido e o modelado no açude Salão.



Fonte: Elaborado pelo autor

No açude São Domingos (figura 4) a eficiência da modelagem sem retirada é boa, com um NSE de 0,78. Já a



modelagem com retirada teve uma eficiência de NSE menor 0,5. Nos dois cenários de simulação, o modelo subestimou os volumes nos períodos de 2005 a 2008 e 2010 a 2012, e em 2017 o modelo não simulou a retomada após o período de seca.

Figura 4 - Comparação entre volumes medidos e modelados no açude São Domingos.



Fonte: Elaborado pelo autor

No reservatório São Mateus (Figura 5) o modelo teve uma alta precisão na simulação, tanto para modelagem com retirada quanto para modelagem sem retirada. A modelagem sem retirada mostrou uma maior eficiência de NSE, com um valor de 0,80, enquanto a modelagem com retirada apresentou um valor de 0,77 de NSE. Em 2018, como nos casos anteriores, o modelo não simulou a recuperação após a estação seca.

Figura 5 - Comparação entre volumes medidos e modelados no açude São Mateus.



Fonte: Elaborado pelo autor

No reservatório de Sousa (figura 6) a simulação mais precisa foi feita na modelagem com retirada, com eficiência de 0,87 NSE. A modelagem sem retirada mostrou uma eficiência ligeiramente inferior, com 0,62 NSE. Em ambos os casos, o modelo superestimou os volumes durante os períodos de cheia. Na modelagem sem retirada, o modelo continuou superestimando os dados nos períodos mais secos. Após 2018, o modelo superestimou a retomada do volume dos reservatórios após o longo período de estiagem.

Figura 6 - Comparação entre o volume medido e o modelado no açude Sousa.



Fonte: Elaborado pelo autor

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, destacam-se as seguintes conclusões:

Numa análise geral, o modelo apresentou um bom desempenho na estimativa dos volumes dos reservatórios. O que demonstra uma boa capacidade do modelo em atuar em escalas menores apesar de ser parametrizado e calibrado para escalas maiores.

O modelo apresenta uma dificuldade na retomada após um longo período de seca, sendo que em quatro dos reservatórios o modelo não apresenta essa retomada, e em outros dois o modelo superestima esses valores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FUNCAP pela bolsa ao primeiro autor e ao CNPq pelo financiamento da pesquisa (Processo PVD813-2019).



REFERÊNCIAS

ANA. **Práticas mecânicas de conservação de água no solo:** Erosão hídrica, Unidade 1. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/62>. Acesso em: 20 jan. 2021.

BRONSTERT, A. *et al.* Process-based modelling of erosion, sediment transport and reservoir siltation in mesoscale semi-arid catchments. *J Soils Sediments*. v.14, p. 2001-2018, set./out. 2014.

COGERH. **Volume Armazenado** - Reservatórios. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br>. Acesso em: 18 abr. 2021.

CORREIA, M. DE F. *et al.* Mudanças na Estrutura Termodinâmica da Atmosfera na Presença de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis: Um Episódio de Precipitação Extrema no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n. 4, p. 877-889, nov. 2012.

FUNCEME. **Postos Pluviométricos**. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694 . Acesso em: 20 abr. 2021.

GÜNTNER, A. **Large-scale hydrological modelling in the semi-arid North-East of Brazil**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) - Faculty of Mathematics and Sciences, University of Potsdam, Potsdam, 2002.

GÜNTNER, A.; BRONSTERT, A. Representation of landscape variability and lateral redistribution processes for large-scale hydrological modelling in semi-arid areas. **Journal of Hydrology**, v. 297, n. 1-4, p. 136-161, 2004.

INMET. **Mapa de estações**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br>. Acesso em: 04/04/2021.

LIMA, T.B.R. **Resposta hidrológica de uma grande bacia hidrográfica no semiárido brasileiro diante de cenários de transposição hídrica e racionalização do uso de reservatórios não estratégicos**. (2020). Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento De Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, 2020.

LIRA, C.D.L. **Assoreamento em densas redes de reservatórios: o caso da bacia hidrográfica da barragem pereira de miranda, CE**. (2012). Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola) - Departamento De Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, 2012.

MEDEIROS, P. H. A. **Processos hidrossedimentológicos e conectividade em bacia**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, 2009.



