



APLICAÇÃO DO TANK MODEL EM UMA BACIA MONTANHOSA BRASILEIRA

Autor: Vinícius Santana Castiglio – Acadêmico em Engenharia Hídrica

Orientador: Prof. Dr. Masato Kobiyama



INTRODUÇÃO

A disponibilidade de dados hidrológicos, particularmente pluviométricos e fluviométricos, é fundamental para um planejamento eficiente e sustentável dos sistemas que envolvem recursos hídricos. O Brasil possui uma boa rede de monitoramento pluviométrico. Contudo em relação aos dados de vazão, sua disponibilidade é mais escassa, visto que a coleta é feita, na maioria das vezes, de forma pontual.

Buscando viabilizar os estudos em hidrologia diversos modelos hidrológicos foram elaborados, sendo, um deles, o modelo chuva-vazão. Um desses modelos é o Tank Model proposto por Sugawara (1961), trata-se de um modelo matemático simples, composto por tanques dispostos verticalmente em série que representam esquematicamente a estratificação das camadas do solo.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi aplicar o Tank Model para a bacia do rio Perdizes em Cambará do Sul (RS) e comparar os resultados obtidos com dois (2-Tank), três (3-Tank) e quatro (4-Tank) tanques na modelagem. Além disso, com o formato mais adequado, os dados foram validados e os resultados do modelo analisados.

METODOLOGIA

O Tank Model é classificado como modelo concentrado e determinístico e, como dados de entrada para a simulação, o modelo demanda apenas informações de precipitação e evapotranspiração. Ele simula o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica, onde o armazenamento do primeiro tanque é determinado pela precipitação e o armazenamento dos demais tanques é determinado pela infiltração do tanque superior. Cada tanque ainda tem orifícios laterais, representando as frações do escoamento (Figura 1).

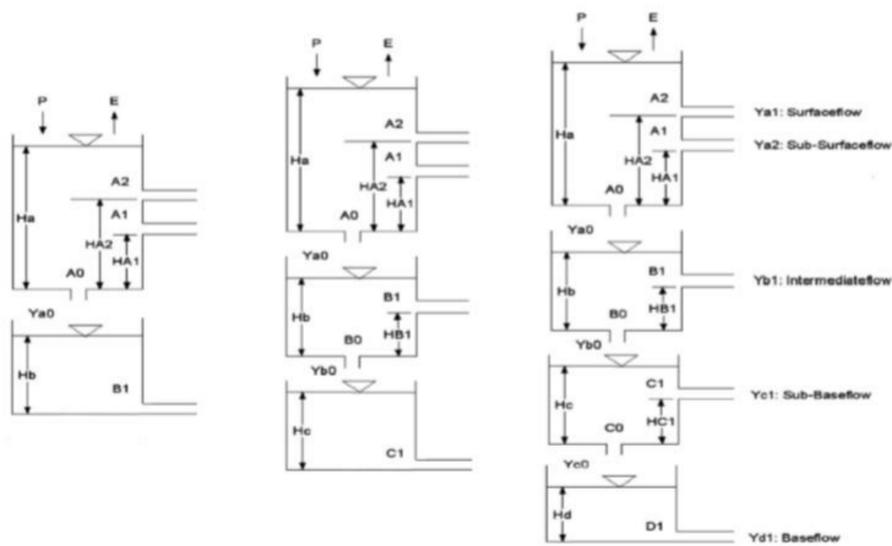


Figura 1. Esquema geral do Tank Model

Os parâmetros do modelo podem ser classificados em dois tipos: i) aqueles que refletem processos hidrológicos, como geração do escoamento (A1, A2, B1, C1 e D1) e infiltração e percolação (A0, B0 e C0,); e ii) aqueles que refletem níveis de água (HA1, HA2, HB1 e HC1) nos tanques e servem como parâmetros de inicialização no modelo.

O trabalho foi desenvolvido na bacia do rio Perdizes (51,0 km²) em Cambará do Sul (RS). Para o estudo, foram utilizados os dados descritos na Tabela 1.

Dados utilizados (horários)	Nome do posto	Período de observação
Radiação solar	Cambará do Sul - A897 (INMET)	Fevereiro a Junho/2018
Insolação	Bom Jesus - OMM: 83919 (INMET)	Fevereiro a Junho/2018
Meteorológicos	PNAS (GPDEN)	Fevereiro a Junho/2018
Níveis	PNAS (GPDEN)	Fevereiro a Junho/2018

Tabela 1. Estações utilizadas

A evapotranspiração potencial (ETP) foi calculada utilizando o Método de Penman, modificado por Doorenbos e Pruitt (1992):

$$ETP = c [W * Rn + (1 - W) * f(u) * (e_a - e_d)] \quad (1)$$

O ajuste dos parâmetros do modelo é o principal desafio na aplicação do mesmo. Chen et al. (2005) afirmaram que o procedimento de tentativa e erro tem sido comumente usado para calibração. No entanto, o processo de calibração manual é exaustivo devido ao número de parâmetros envolvidos, sendo necessário a automatização do modelo.

Dessa forma, foi utilizada a ferramenta *solver* da planilha eletrônica *Excel* para calibração do modelo. Para analisar os resultados da calibração, foi utilizada a Relação entre Volumes (ΔV), que indica se o balanço hídrico foi bem estimado (faixa ótima é entre -0,1 e 0,1), e o coeficiente de eficiência Nash-Sutcliffe (Nash e Sutcliffe, 1970), considerando satisfatórios valores superiores a 0,5:

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}(t) - Q_{sim}(t))^2}{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}(t) - \bar{Q}_{obs})^2} \quad (2)$$

ANÁLISE E DISCUSSÃO

A discretização temporal dos dados de entrada na simulação foi horária. Sendo assim, os valores de entrada do modelo, precipitação, vazão e ETP, estavam na mesma unidade (mm/h). Na análise visual, todos os modelos, apresentaram similaridades entre os hidrogramas observados e simulados. Entretanto, no formato 2-Tank (Figura 2.a), apesar de apresentar similaridades nos picos de vazão máxima, o modelo subestimou as vazões mínimas. Já nos formatos 3-Tank (Figura 2.b) e 4-Tank (Figura 2.c), a simulação das vazões mínimas foi mais coerente com os dados obtidos em campo, e as vazões máximas foram melhor representadas.

De acordo com os parâmetros de análise definidos, todos os formatos investigados são capazes de simular de forma satisfatória a vazão. No entanto, analisando o coeficiente de Nash-Sutcliffe, o melhor resultado é encontrado no formato 4-Tank (Tabela 2).

A validação foi realizada utilizando o modelo 4-Tank por apresentar resultados mais efetivos. Contudo, os parâmetros encontrados na calibração do modelo não apresentaram boa eficiência, (Figura 3) havendo pontos de precipitação que não puderam ser representadas. Além disso, o coeficiente de Nash-Sutcliffe não apresentou uma boa correlação (Tabela 3).

Basri (2013) aplicou o Tank Model em uma bacia na Indonésia, e concluiu que bacias florestais de áreas úmidas são melhor representadas pela estrutura de 4-Tank, situação similar ao que foi constatado no estudo. Contudo, como mostrado nos resultados de validação, o modelo chuva-vazão necessita de um período maior de registros para obter melhor representação dos processos hidrológicos.

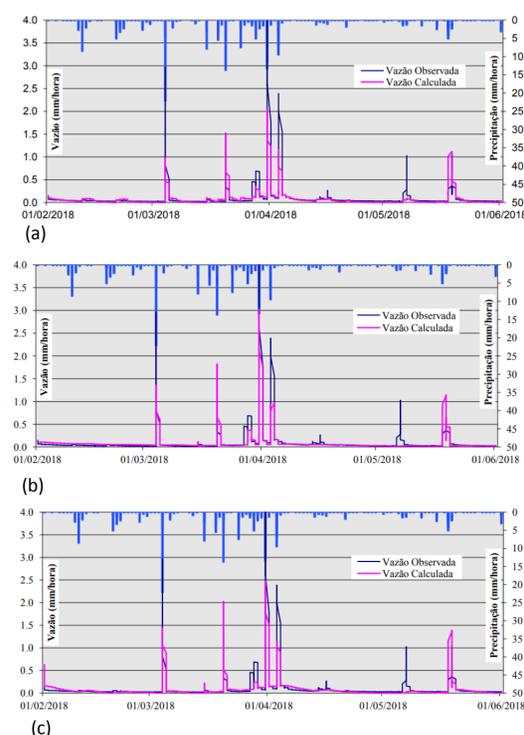


Figura 2. Resultados da calibração: (a) 2-Tank; (b) 3-Tank; e (c) 4-Tank

Formato do Tank	Período (dias)	Vazão observada	Vazão Calculada	Nash	Relação entre volumes
2-Tank Model	121	230,06	200,39	0,53	-0,1
3-Tank Model	121	230,06	208,52	0,67	-0,1
4-Tank Model	121	230,06	230,11	0,73	0,0

Tabela 2. Resultados obtidos

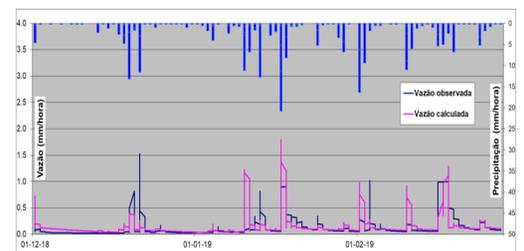


Figura 3. Validação 4-Tank

Formato do Tank	Período (dias)	Vazão observada	Vazão Calculada	Nash	Relação entre volumes
4-Tank Model	90	245,28	256,19	0,31	0,04

Tabela 3. Resultados da validação

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Para uma região úmida, o modelo 4-Tank obteve a melhor representação dos processos hidrológicos;
- O Tank Model, mesmo para pequenas bacias, necessita de maior densidade de estações pluviométricas para representar espacialmente a resposta da bacia à precipitação;
- É necessário uma maior série histórica de dados hidrológicos para a validação e estimativa do modelo.

Bibliografia:

- AMIRI, B.J.; FOHRER, N.; CULLMANN, J.; HÖRMANN, G.; MÜLLER, F.; ADAMOWSKI, J. (2016). "Regionalization of Tank Model Using Landscape Metrics of Catchments". *Water Resour. Manage* 30, pp.5065-5085.
- BASRI, H. (2013). "Development of Rainfall-runoff Model Using Tank Model: Problems and Challenges in Province Aceh, Indonesia". *Aceh International Journal of Science and Technology* 2(1), pp. 26-36
- SUGAWARA, M. (1961). "On the Analysis of Runoff Structure about Several Japanese Rivers". *Japanese Journal of Geophysics* 2(4), pp.1-76.
- VASCONCELLOS, S.M. (2017). Desenvolvimento de um índice de umidade do solo derivado da versão distribuída do Tank Model. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS. 104p.