



Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería

www.elsevier.es/rimni



Calibração automática da plataforma MOHID empregando um método estocástico de otimização e dados reais de um evento climático extremo em Nova Friburgo-RJ: parte 2 – análise de sensibilidade e estimativa de parâmetros hidrológicos

W.R. Telles^{a,*}, P.P.G.W. Rodrigues^b e A.J. Silva Neto^b

^a Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior – Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, 28470-000, Santo Antônio de Pádua, RJ, Brasil

^b Instituto Politécnico – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Modelagem Computacional, 28625-570, Nova Friburgo, RJ, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 1 de dezembro de 2015

Aceite a 12 de abril de 2016

On-line a xxx

Palavras-chave:

Bacia hidrográfica

Ondas de cheias

Estimativa de parâmetros

MOHID Land

Luus-Jaakola

Keywords:

Watershed

Flood Waves

Parameter Estimation

MOHID Land

Luus-Jaakola

R E S U M O

Este é o segundo de 2 artigos complementares que versam sobre a implementação de uma rotina de calibração automática acoplada a um modelo de simulação do escoamento superficial e comportamento hidráulico da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica durante eventos de cheias, construído no sistema de modelagem de águas MOdelo HIDrodinâmico (MOHID). Como estudos de caso foram analisadas 2 bacias hidrográficas localizadas na cidade de Nova Friburgo, estado do Rio de Janeiro: bacia do rio Cônego e bacia do rio Santo Antônio. Neste segundo artigo, são discutidos os conceitos de problemas inversos pertinentes e o acoplamento da plataforma MOHID ao método de otimização de Luus-Jaakola, com intuito de estimar alguns dos principais parâmetros necessários à modelagem de drenagem e escoamento em canais, a saber: coeficiente de rugosidade da bacia e da rede de drenagem, e a altura mínima de água presente em uma célula do modelo digital do terreno (MDT) para que a mesma possa contribuir efetivamente para o escoamento superficial na bacia. A estratégia adotada mostrou-se bastante eficiente na capacidade de estimar os parâmetros, que conduziram a uma satisfatória concordância entre níveis de água simulados e observados em estações localizadas ao longo dos rios estudados.

© 2016 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

MOHID platform automatic calibration employing a stochastic optimization method and real data from an extreme climate event in Nova Friburgo-RJ: Part 2–sensitivity analysis and hydrological parameters estimation

A B S T R A C T

This is the second of two complementary articles that deal with the implementation of an automatic calibration routine coupled to a simulation model of runoff and hydraulic behavior of the drainage system of a watershed during flood events, built in the water Modeling System MOdelo HIDrodinâmico (MOHID). As a case study two watersheds located in the city of Nova Friburgo, State of Rio de Janeiro were analysed. This second article discusses the pertinent aspects related to the inverse problem technique and the coupling of MOHID platform to Luus-Jaakola optimization method, aiming to estimate some of the key parameters required for modeling the drainage in watersheds and the flow in channels. The adopted strategy proved very effective in its ability to estimate the parameters which led to a satisfactory agreement between simulated and observed water levels at stations located along the studied rivers.

© 2016 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondência.

Correios eletrônicos: wr.telles@yahoo.com.br (W.R. Telles), pwatts@iprj.uerj.br (P.P.G.W. Rodrigues), ajsneto@iprj.uerj.br (A.J. Silva Neto).

¹ O autor agradece ao CNPq pelo aporte financeiro oriundo do pós-doutoramento, projeto 506463/2013-3, processo 150835/2014-0.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rimni.2016.04.005>

0213-1315/© 2016 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Como citar este artigo: W.R. Telles, et al. Calibração automática da plataforma MOHID empregando um método estocástico de otimização e dados reais de um evento climático extremo em Nova Friburgo-RJ: parte 2 – análise de sensibilidade e estimativa de parâmetros hidrológicos, Rev. int. métodos numér. cálc. diseño ing. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rimni.2016.04.005>

1. Introdução

A utilização de modelos matemáticos na previsão e remediação de danos causados por eventos naturais extremos tem sido crescente. Particularmente no âmbito de bacias hidrográficas, tais modelos encontram vasta aplicação.

Na literatura, é possível encontrar diversos estudos envolvendo softwares que têm como base modelos matemáticos que vão desde aplicações em florestas, como o ForestGALES, utilizado na modelagem de risco de ventos [12], àqueles destinados a análise de eventos de precipitações, bem como escoamentos superficiais e nas redes de drenagem. Neste sentido, podem ser citadas, como exemplos recentes, a calibração e validação do software HEC-HMS 3.4 para a bacia hidrográfica do rio Attanagalu Oya, localizada no Sri Lanka [13]; a utilização da abordagem ASTER GDEM associada ao software HEC-RAS/HEC-GeoRAS para a simulação de inundações no rio Tisza, na Hungria [11]; a avaliação do software Simulation Program for River Networks (SPRINT) aplicado aos rios Guadalupe e San Antonio [21]; simulação de interações entre riachos e aquíferos por meio do software MODFLOW [26], dentre outras. Todos esses aplicativos baseiam-se em modelos matemáticos que, para serem implementados, adotam uma gama de parâmetros, tais como o coeficiente de rugosidade e aqueles que parametrizam os aportes laterais e/ou perdas por infiltração, por exemplo. Estes parâmetros podem ser determinados diretamente através de fórmulas empíricas, ajustados manualmente por confronto com observações [17], implicando em dificuldade de manter o domínio sobre o modelo [7] ou, ainda, estimados por meio de problemas inversos.

O emprego de técnicas alternativas para determinar o coeficiente de rugosidade é encontrado na literatura, como, por exemplo, no trabalho de Lyra et al. [24], onde foi realizado um estudo para estimar o coeficiente de rugosidade de Manning para os períodos de vazão mínima e máxima média mensal, em alguns trechos do rio Paracatu, cuja bacia está localizada no Médio São Francisco, Brasil, baseado em redes neurais artificiais. O modelo construído mostrou desempenho satisfatório, permitindo estimar o coeficiente de rugosidade em função da cota, vazão, declividade do rio e raio hidráulico do mesmo.

Já Srinivasulu e Jain [39] desenvolveram, com bons resultados, um modelo integrado utilizando técnicas de séries temporais e redes neurais artificiais treinadas com algoritmos genéticos (genetic algorithms [GA]) para um modelo de precipitação-vazão, demonstrando dessa forma a necessidade de se criar modelos híbridos capazes de explorar as melhores vantagens de técnicas individuais, para obter melhores resultados em menor tempo.

A tomada de decisões e, conseqüentemente, a implementação e execução de medidas preventivas do impacto causado pelas inundações passa por uma melhoria da gestão dos riscos, enfatizada pela importância dos danos causados por esses fenômenos nos últimos anos [30].

Com o objetivo de prever inundações, Tayfur et al. [41] utilizaram GA para obter os valores dos parâmetros ideais do modelo de curva de classificação padrão (standard rating curve model [RCM]), para previsão em tempo real de descarga de fluxos em locais onde há entrada de fluxo lateral significativo. O GA foi utilizado para tratar os parâmetros mais robustos do modelo de curva de classificação, visando empregar o modelo acoplado GA-RCM em locais onde apenas os níveis de água do rio são medidos e a curva de classificação é desconhecida. O resultado foi uma melhoria do modelo quando comparado ao RCM padrão.

Por outro lado, Wang e Brubaker [44] utilizaram o software Parameter ESTimation (PEST) para realizar um processo de calibração automática do coeficiente de rugosidade do modelo ISWAT, o qual é uma versão melhorada do modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) 2005 aplicado na bacia do rio Shenandoah, localizado nos

Estados Unidos, obtendo, assim, uma maior eficiência no processo de calibração do referido modelo.

Apesar de serem amplamente utilizados na previsão de inundações, apresentando resultados satisfatórios, os programas citados nem sempre estão disponíveis para acesso e/ou download de forma gratuita na internet e/ou outros meios de divulgação. Além disso, quando seus desenvolvedores o disponibilizam, apenas o «executável» pode ser obtido, o que dificulta possíveis melhorias em sua estrutura por meio do código-fonte. Outro fator negativo é o fato de que nem todos esses softwares apresentam um ambiente GIS e interface numérica integrada, sendo necessária a construção de arquivos de modelos digitais de terreno em outras plataformas.

Nesse aspecto, a plataforma Modelo HIDrodinâmico (MOHID) Water Modelling System [25] surge como alternativa interessante, por ter seu código-fonte distribuído abertamente na internet. Tal facilidade permite, por exemplo, o seu acoplamento a rotinas computacionais que agilizam o processo de determinação de coeficientes que controlem a simulação desejada, algo que pode ser conduzido, por exemplo, por técnicas de otimização.

Em trabalho pioneiro nesse sentido, Lima [19] determinou parâmetros hidrodinâmicos do estuário do rio Macaé, utilizando métodos estocásticos acoplados à ferramenta MOHID Water. No entanto, o acoplamento do problema inverso à ferramenta MOHID Land com o intuito de simular o comportamento hidráulico de um rio de montanha ainda não foi encontrado na literatura.

2. Materiais e métodos

2.1. Modelo matemático

Na plataforma MOHID, em sua ferramenta MOHID Land, o escoamento superficial e na rede de drenagem é modelado pelas equações de Saint Venant, as quais podem ser deduzidas a partir das equações da continuidade e conservação da altura de movimento (Momentum) aplicadas a um volume de controle no interior de um fluido em movimento. O escoamento superficial é bidimensional [4] e o escoamento na rede fluvial é 1D, descrito pelas equações [40]:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + q = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{A} \right) + Ag \left(\frac{\partial h}{\partial x} - S_0 + S_f + S_e \right) - \beta q v_x + WB = 0 \quad (2)$$

onde x (m) e t (s) são as variáveis espacial e temporal, respectivamente; Q (m³/s) é a descarga do canal; (m²) é a área da seção transversal; q (m²/s) é a contribuição lateral para a descarga, sendo negativo quando entra no rio e calculado pelo escoamento superficial 2D; β (-) é o número de Boussinesq; g (m/s²) é a aceleração da gravidade; h (m) é a altura da lâmina d'água; S_0 (m/m) é a declividade do fundo do canal; R_h (m) é o raio hidráulico; n (s/m^{1/3}) é o coeficiente que parametriza a resistência do canal ao fluxo, conhecido também como coeficiente de rugosidade de Manning; S_e (m/m) é a perda de carga devida a vórtices gerados em expansões ou contrações súbitas do canal, proporcional ao quadrado da variação da velocidade; v_x (m/s) é a velocidade da contribuição lateral; W (m²/s²) é a tensão decorte devida ao vento e B (m) é a largura da superfície livre.

Na equação (2), as declividades do fundo do canal (S_0) e da linha de energia (ϵ), e a perda de carga por vórtices (S_e) são expressas por:

$$S_0 = - \frac{\partial z_f}{\partial x} \quad (3)$$

$$S_f = \frac{Q^2 n^2}{R_h^{4/3} A^2} \quad (4)$$

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8050689>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8050689>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)