



XI Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola
XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola
Cancún, Quintana Roo, México, 6 al 10 de octubre de 2014



COMPILAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS DE SOLOS DA BACIA DO PITO ACESO PARA APLICAÇÃO NO SISTEMA DE MODELAGEM HIDROLÓGICA JAMS

JANAÍNA FERREIRA GUIDOLINI^{*1}; AZENETH EUFRAUSINO SCHULER; FRANCIELE MORLIN CARNEIRO; GILDRIANO SOARES DE OLIVEIRA; BEATRIZ DE OLIVEIRA COSTA; MICHELE CLÁUDIA DA SILVA; TERESA CRISTINA TARLÉ PISSARRA

¹ Mestranda em Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Jaboticabal, 55xx34 91770812, janaguidolini@gmail.com

RESUMO: A escolha de um modelo hidrológico apropriado para uso em dada bacia deve considerar o acesso e custo do software, a viabilidade de aplicação, a disponibilidade e compatibilidade dos dados de entrada, bem como a familiaridade do usuário com os métodos de resolução. Devido às dificuldades e restrições de uso de alguns modelos de precipitação-vazão, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Centro Nacional de Pesquisa em Solos (CNPS), iniciou pesquisa visando à avaliação do uso do Sistema de Modelagem Adaptável de Jena (JAMS). Este estudo, fruto da parceria da Embrapa com a Universidade de Jena, busca a construção de um modelo precipitação-vazão que simule o escoamento superficial da microbacia do Córrego do Pito Aceso, inserida na Bacia do Rio Paraíba do Sul e localizada no município de Bom Jardim, região serrana do Rio de Janeiro – RJ. O objetivo deste trabalho foi compilar e organizar informações sobre modelagem hidrológica, trabalhos e teses publicadas sobre o local de estudo, bem como os dados disponíveis da microbacia, e artigos e teses sobre o sistema JAMS e suas aplicações. Foi possível identificar também as necessidades de novos dados e parâmetros a serem coletados.

PALABRAS CLAVE: Precipitação – vazão; Modelos Hidrológicos; Bacia hidrográfica; Hidrologia

COMPILATION AND ORGANIZATION OF PHYSICAL PARAMETERS OF SOILS OF THE WATERSHED OF PITO ACESO FOR APPLICATION IN THE SYSTEM OF HYDROLOGIC MODELLING JAMS

ABSTRACT: The choice of a model appropriate hydrological for use in having given basin should consider the access and cost of the software, the application viability, the readiness and compatibility of the entrance data, as well as the user's familiarity with the resolution methods. Due to the difficulties and restrictions of use of some precipitation-flow models,

the Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), in the Centro Nacional de Pesquisa em Solos (CNPS), began research seeking to the evaluation of the use of the System of Adaptable Modelling of Jena (JAMS). This study, fruit of the partnership of Embrapa with the University of Jena, looks for the construction of a model precipitation-flow to simulate the superficial drainage of the microbacia of the Stream of the Lit Pipe, inserted in the Basin of Rio Paraíba of the South and located in the municipal district of Bom Jardim, highland area of Rio de Janeiro, RJ. The objective of this work was to compile and to organize information on modelling hydrologic, works and theories published on the study place, as well as the available data of the watershed, articles and theories on the system JAMS and their applications. It was possible to also identify the needs of new data and parameters to be collected.

KEYWORDS: Precipitation.-flow; Hydrologics Models; Watershed; Hydrology.

INTRODUÇÃO

A resposta da bacia hidrográfica aos fatores climáticos e às alterações da paisagem, dada pela vazão do seu rio principal, é de grande interesse, uma vez que representa uma síntese dos processos componentes do ciclo hidrológico: precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e outros. Neste contexto, o conhecimento sobre o regime pluviométrico e o comportamento histórico dos rios, quanto à sazonalidade e às vazões de uma bacia hidrográfica, é de suma importância para estimar os impactos gerados pelas alterações de clima e uso da terra no comportamento do escoamento superficial. Apesar disso, o monitoramento dos corpos d'água no Brasil não atende à demanda de dados, justificando assim o interesse pelo desenvolvimento de métodos e ferramentas que auxiliem no gerenciamento de recursos hídricos.

Na tentativa de suprir e/ou complementar dados escassos de chuva e ou vazão, foram desenvolvidos modelos hidrológicos representativos da dinâmica real de uma bacia. Delineados para responder questões geralmente associadas a problemas locais ou regionais, os modelos apresentam configurações diversas, de acordo com as variadas questões, abordagens e pressupostos utilizados no seu desenho conceitual (RIBEIRO, 2012) A escolha de um modelo apropriado para uso em dada bacia, deve considerar o acesso e custo do software, a viabilidade de aplicação, a disponibilidade e compatibilidade dos dados de entrada, bem como a familiaridade do usuário com os métodos de resolução.

Devido às dificuldades e restrições de uso de alguns modelos de precipitação-vazão, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Centro Nacional de Pesquisa em Solos (CNPS), iniciou pesquisa visando à avaliação do uso do Sistema

de Modelagem Adaptável de Jena (JAMS). Trata-se de um framework de modelagem hidrológica distribuída, com acesso gratuito, desenvolvido pela Universidade de Jena, Alemanha. O estudo, fruto da parceria da Embrapa com a Univ. Jena, busca a construção de um modelo precipitação-vazão que simule o escoamento superficial da microbacia do Córrego do Pito Aceso, inserida na Bacia do Rio Paraíba do Sul e localizada no município de Bom Jardim, região serrana do Rio de Janeiro – RJ.

O objetivo do trabalho foi compilar e organizar informações sobre modelagem hidrológica, trabalhos e teses publicadas sobre o local de estudo, bem como os dados disponíveis da microbacia, e artigos e teses sobre o sistema JAMS e suas aplicações.

A partir das informações compiladas, foi possível verificar a disponibilidade de dados coletados na área de estudo, referentes a séries temporais de dados hidrometeorológicos, parâmetros de solos e mapas de caracterização física da bacia, para utilização no processo de modelagem, baseado nos requisitos de um modelo básico do JAMS. Foi possível identificar também as necessidades de novos dados e parâmetros a serem coletados.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo busca a construção de um modelo precipitação-vazão que simule o escoamento superficial da microbacia do Córrego do Pito Aceso, inserida na Bacia do Rio Paraíba do Sul e localizada no município de Bom Jardim, região serrana do Rio de Janeiro – RJ.

Esta área foi selecionada por apresentar um sistema agrícola envolvendo cultivos representativos da região (Aboim et al., 2008), tais como cultivos comerciais de milho, banana, feijão, inhame, entre outros, utilização de pousio, por se destacar como um dos maiores produtores de olerícolas do Estado e por localizar-se numa região com histórico de problemas erosivos em função das elevadas taxas de precipitação e do relevo acidentado.

A metodologia baseou-se em compilação e organização de informações sobre modelagem hidrológica, trabalhos e teses publicados sobre o local de estudo, bem como os dados disponíveis da microbacia, e artigos e teses sobre o sistema JAMS e suas aplicações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *framework* JAMS (*Jena Adaptable Modeling System*) foi desenvolvido na Universidade Friedrich Schiller de Jena, por meio de Programação Orientada a Objeto (POO) em linguagem JAVA (KRAUSE, 2002). O sistema contempla as diferentes partes do ciclo de água: evapotranspiração, interceptação, água-solo, águas subterrâneas, como módulos de processos hidrológicos. Dispõe de módulos para análise da distribuição de soluto e do transporte de sedimento ao longo de uma bacia hidrográfica em diferentes escalas espaço-temporais (KRAUSE et al., 2009). Alguns novos modelos já foram criados dentro da plataforma JAMS para diferentes aplicações. Entre eles destacam-se os modelos hidrológicos J2K ou J2000, J2000g e o modelo de balanço de água e nutrientes, J2000-S. Entretanto, Ribeiro (2012) destaca que, por não haver documentação detalhada sobre as funcionalidades desses programas, estes modelos ainda não são difundidos na comunidade científica. Ainda assim, a utilização do JAMS é vantajosa uma vez que o seu código é aberto e as modificações são fáceis de serem realizadas. O JAMS também conta com uma interface gráfica, JADE, para a visualização dos resultados da simulação, gerando gráficos de precipitação, vazão, evapotranspiração e umidade do solo em função do tempo, o que facilita o usuário durante a calibração dos parâmetros do modelo.

O modelo J2000 foi escolhido para o projeto de pesquisa da EMBRAPA SOLOS, por contar com módulos que abrangem as principais componentes do ciclo hidrológico: regionalização dos dados climáticos, interceptação da cobertura vegetal, evapotranspiração, solo-água, águas subterrâneas e propagação do escoamento. Estes módulos são suplementares no sistema JAMS, permitindo assim a manipulação de sua estrutura, bem como a troca de módulos sem a necessidade de reconstruir o código inteiro.

Os dados requisitados para executar o modelo hidrológico J2000 são: arquivos contendo parâmetros do modelo para as unidades da bacia de estudo, e os dados de entrada referentes às séries meteorológicas. Os primeiros são preparados e quantificados dentro do ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e conhecido como arquivos de parâmetros do modelo. Os arquivos de modelo e seus valores são estáticos na aplicação de modelagem, isto é, não variam com o tempo.

Devem-se preparar todos os dados de entrada (ou seja, solo, cobertura do solo, geologia, Modelo Digital de Elevação) em formato *raster* com uma resolução pré-definida. Ao delinear URHs, todos os dados de entrada devem ser fornecidos na mesma resolução.

A resolução do conjunto de dados controla o número de URHs a serem formadas, e deve ser escolhido de forma que estas Unidades reflitam a heterogeneidade da bacia. Portanto, a resolução dos dados de entrada depende da área de captação a ser modelada.

As descrições detalhadas para derivar os parâmetros de arquivo são:

Solo: identificação do tipo de solo, profundidade, coeficiente de permeabilidade máxima e mínima, profundidade dos horizontes, porosidade e capacidade de campo.

Cobertura da Terra: uso do solo, albedo (%), resistência a infiltração, índice de área foliar, altura da vegetação, profundidade da raiz e grau de compactação do solo.

Hidrogeologia: identificação das características hidrogeológicas, capacidade de armazenamento de água no reservatório de água subterrâneo e coeficiente de armazenamento de água.

As Unidades de Resposta Hidrológicas (URHs) são subdivisões de modelagem para o modelo J2000 hidrológico. URHs são "subdivisões do modelo espacial que são estruturadas, distribuídas e heterogêneas em relação ao clima, uso da terra, solo, geologia e controle da dinâmica hidrológica" (TUCCI, 1998). As áreas que compreendem propriedades semelhantes, como a topografia (declividade, aspectos), uso da terra, solo e geologia, e se comportam de forma semelhante em sua resposta hidrológica por isso são mescladas para desenvolver um URH. A variação da dinâmica do processo hidrológicos dentro do URH deve ser relativamente pequena em comparação com a dinâmica de uma URH diferente (TUCCI, 1998).

É necessário preparar os seguinte arquivo para o delineamento das URHs:

- Modelo Digital de Elevação (DEM)
- Solo
- Uso da terra
- Hidrogeologia

Todos estes dados devem ser fornecidos em um arquivo formato *Tiff** com a mesma resolução.

Com relação aos dados meteorológicos necessários, o modelo hidrológico J2000 requer os seguintes dados meteorológicos (entrada) para a sua inicialização:

- Umidade relativa e absoluta do ar;

- Fluxo medido no escoamento superficial;
- Precipitação;
- Irradiação solar;
- Temperatura máxima, média e mínima
- Velocidade do vento.

Os módulos do modelo JAMS/2000 são:

- Interceptação da cobertura vegetal (índice da área foliar da cobertura vegetal – m^2/m^2);
- Evapotranspiração potencial (Penman Monteith);
- Solo e água (infiltração, volume de água escoado superficialmente, volume de água que não infiltra e capacidade de armazenamento em superfície);
- Águas subterrâneas (zona capilar e zona saturada) – taxa de água percolada;
- Propagação lateral: transferência de água de URH para URH;
- Propagação do rio: velocidade do escoamento e escoamento no rio.

As etapas para a construção do modelo são as seguintes:

- Discretização da bacia hidrográfica
- Mapa digital de tipos de solo;
- Mapa digital de geologia;
- Mapa digital de uso e ocupação do solo;
- Modelo Digital de Elevação (MDE);
- Declividade;
- Sub-bacias;

Para o delineamento de URHs (discretização da bacia hidrográfica) utiliza-se o SIG (mapas no formato *raster*) – método da sobreposição. A entrada de dados climáticos e de precipitação no modelo é realizada por meio de tabelas no banco de dados do modelo (extensão .dat). O mesmo procedimento é realizado para inserção dos parâmetros de solo, uso do solo e hidrogeologia extensão .par). Se houver necessidade de adaptações, utilizar o *JUICE Builder*, interface do JAMS para construção de arquivos XML. Os parâmetros de processo do modelo devem ser definidos pelo usuário e, posteriormente, calibrados para melhor ajuste dos dados simulados aos dados observados.

A análise de sensibilidade pode revelar problemas potenciais já nas fases iniciais do processo de calibração, podendo oferecer sugestões úteis para prevenir a sua ocorrência. Para fazer a análise de sensibilidade, devem ser feitas simulações diárias para avaliar a influência dos parâmetros do modelo na geração do volume de água escoado e da vazão de pico.

Um modelo deverá ser construído para ser aplicado ao caso particular da microbacia do córrego do Pito Aceso. O resultado da simulação primária deverá ser utilizado na avaliação do modelo J2000. Tal avaliação será feita por comparações entre gráficos de escoamento superficial observado e simulado e do cálculo de coeficientes de eficiência, determinação e a porcentagem de viés. Os resultados obtidos serão aqueles já apresentados por trabalhos desenvolvidos na microbacia em estudo. Além disso, deverá ser revisada a estrutura e equacionamento do modelo J2000. A calibração consiste no ajuste dos parâmetros do modelo (parâmetros físicos e parâmetros de processo). Os parâmetros físicos consistem nos dados mensuráveis da bacia hidrográfica (área, declividade, fração de área impermeável, por exemplo.) e os parâmetros de processo, que são os parâmetros definidos no processo de calibração. Este processo consiste em duas etapas: especificação dos parâmetros e estimativa dos parâmetros. A calibração pode ser feita de forma automática e de forma manual (método de tentativa e erros), sendo este último o mais indicado. Neste método, a cada ajuste de parâmetro uma simulação é realizada e os hidrogramas observado e simulado são comparados visualmente para avaliar se houve melhora na correlação. Para calibrar o modelo, é necessário um conjunto de registros diários de vazão durante certo período de tempo.

A validação ou verificação da calibração do modelo geralmente é feita com teste de amostras repartidas no qual parte dos dados de entrada disponíveis é usada para calibração do modelo e o restante utilizado para testar o modelo calibrado (verificação ou validação). A validação do modelo é confirmada por meio dos coeficiente de determinação (r^2), o qual pode variar de 0 a 1, sendo que $r^2 = 0$ indica relação linear fraca e $r^2 = 1$ indica forte relação linear entre os dados; Coeficiente de eficiência proposto por Nash e Sutcliffe (1970), NSE, variando entre $-\infty$ a 1, sendo que uma eficiência menor que zero indica que a média é um melhor preditor do modelo e uma eficiência ótima tem valor 1 e a porcentagem de viés (PBIAS) que mede a tendência dos dados simulados serem maiores ou menores que os dados observados. O seu valor ótimo é zero. Valores positivos superestimam os valores de vazão enquanto ao valores negativos subestimam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O JAMS/J2000 é adequado tanto para a modelagem de grandes áreas de captação quanto para áreas menores e assegura que a modelagem pode ser efetuada por meio de dados de base disponíveis em escala nacional. A simulação de diferentes processos hidrológicos é realizada nos módulos do programa que são preenchidos e, tanto quanto possível independente do outro. Tal fato permite editar, substituir ou adicionar módulos individuais sem a necessidade de reestruturar o modelo novamente.

Os dados compilados sobre a microbacia a ser estudada mostraram que o processo de modelagem já pode ser iniciado, faltando apenas trabalhar os dados gerados em SIG, passando eles para a mesma resolução.

REFERÊNCIAS

ABOIM, M.; COUTINHO, H.L.C.; PEIXOTO, R.S. BARBOSA, J. C.; ROSADO, A. S. Soil bacterial community structure and soil quality in a slash-and-burn cultivation system in Southeastern Brazil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.38, p.100-108. 2008.

KRAUSE. P. Quantifying the impact of land use changes on the water balance of large catchments using the J2000 model. **Physics and chemistry of the Earth**. N. 27. p. 663-673. 2002.

KRAUSE.P.; BENDE-MICHL. U.; FINK. M.; HELMSCHROT. J.; KRALISCH. S.; KUNNE. A. Parameter sensitivity analysis of the JAMS/J2000-S model to improve water and nutrient transport process simulation – a case study for the Duck catchment in Tasmania. In: 18th World IMACS/MODSIM Congress. Anais... Cairns. Australia, p. 13-17. 2009.

NASH, J. E. AND J. V. SUTCLIFFE (1970), River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles, **Journal of Hydrology**, 10 (3), 282–290. 1970.

RIBEIRO, A. S. **Modelagem chuva-vazão utilizando framework JAMS em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani**. 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

TUCCI. C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH. Ed.1. 1998