

APLICATIVO COMPUTACIONAL SYHDA: AVALIAÇÃO DO MÓDULO DE MODELAGEM PROBABILÍSTICA DE SÉRIES HIDROLÓGICAS

LEONARDO DE LIMA CORRÊA¹; TAMARA LEITZKE CALDEIRA²; MAYARA
ROBERTA DE SOUZA³; ZANDRA ALMEIDA DA CUNHA³; CARLOS ROGÉRIO
DE MELLO⁴; SAMUEL BESKOW⁵

¹Discente da UFPel/Ciência da Computação – ldcorrea@inf.ufpel.edu.br

²Discente da UFPel/PPG Recursos Hídricos – tamaracaldeira.eh@gmail.com

³Discente da UFPel/Engenharia Hídrica – mayara.robertasouza@gmail.com;
zandrasls2012@hotmail.com

⁴Docente da UFLA/Departamento de Engenharia – crmello@deg.ufla.br

⁵Docente da UFPel/Engenharia Hídrica – samuelbeskow@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A análise de séries históricas é elementar quando objetiva-se a gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, sendo uma ferramenta para o entendimento do comportamento hidrológico e fornecendo subsídios no processo de tomada de decisão. Contudo, o processamento dessas informações geralmente é moroso e susceptível a erros humanos, o que acaba inviabilizando a realização de muitos projetos, dada a carência de ferramentas computacionais específicas que auxiliem os profissionais da área.

Projetos de engenharia de recursos hídricos dependem da análise de séries históricas de diferentes variáveis hidrológicas, tais como chuva e vazão. Entretanto, comumente é observada a inexistência de séries, especialmente de vazões em cursos d'água, na bacia hidrográfica de interesse. Este fato tem motivado o desenvolvimento de modelos hidrológicos conceituais, visando disponibilizar ferramentas de gestão de recursos hídricos. Porém, existe a necessidade de desenvolver modelos específicos para a realidade brasileira associado à variabilidade de comportamento hidrológico observada e à disponibilidade de informações.

Um destes modelos é o *Lavras Simulation of Hydrology* (LASH), o qual tem sido aplicado com sucesso em diversas bacias hidrográficas brasileiras (BESKOW et al., 2011; BESKOW et al., 2013; VIOLA et al., 2013). Atualmente, várias alterações estão sendo desenvolvidas com o intuito de tornar o modelo mais aplicável e suprir a demanda atual por parte de técnicos da área de recursos hídricos que atuam em empresas, instituições governamentais, associações de usuários de água e em comitês de bacias.

Dentre os diversos módulos do LASH, destaca-se o módulo de aquisição e análise de dados hidrológicos *System of Hydrological Data Acquisition and Analysis* (SYHDA), o qual foi projetado para aplicações tanto integrado ao modelo LASH, visando facilitar a montagem do banco de dados de entrada para a simulação e a análise dos resultados de saída, como de forma independente, auxiliando na tomada de decisão em recursos hídricos (CORREA et al., 2013).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e potencial do SYHDA no que concerne à análise probabilística de séries históricas, considerando a variável hidrológica chuva máxima diária anual e tomando como base 342 postos pluviométricos do estado do Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIA

A segunda versão do modelo hidrológico *Lavras Simulation of Hydrology* (LASH) e o seu módulo *System of Hydrological Data Acquisition and Analysis* (SYHDA) estão sendo desenvolvidos no Laboratório de Simulação Hidrológica e Processamento de Dados, vinculado ao curso de Engenharia Hídrica e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

Para o desenvolvimento do aplicativo SYHDA foi empregado o ambiente de programação Delphi, enquadrado como um *Integrated Development Environment* (IDE) para a plataforma Windows. De forma complementar, também foram utilizados o componente de conexão com o banco de dados Zeoslib, o banco de dados Firebird e o gerenciador de banco de dados IBExpert.

Este aplicativo foi idealizado para a aquisição de séries hidrológicas de chuva e de vazão, tanto no padrão do banco de dados da Agência Nacional de Águas, como também para banco de dados estruturado pelo usuário. Após esta etapa, o SYHDA permite elaborar as séries de dados em intervalos pré-definidos (anual, mensal, quinzenal e semanal), dada a necessidade do projetista, e considerando restrições de falhas. Uma vez que o banco de dados tenha sido inserido no aplicativo e a série elaborada, diversas funcionalidades da versão atual do SYHDA ficam disponíveis, conforme pode ser constatado no trabalho de CORRÊA et al. (2013).

A modelagem probabilística é uma das novas funcionalidades do aplicativo, implementada para possibilitar o ajuste e verificação de aderência de distribuições teóricas de probabilidade empregadas especificamente na hidrologia. Foram desenvolvidos algoritmos para o ajuste dos modelos Normal, Log-Normal a 2 e 3 parâmetros, Gumbel para valores máximos e mínimos, Exponencial, Gama, Generalizada de Pareto, Generalizada de Valores Extremos, Logística Generalizada, Kappa, Pearson Tipo 3, Weibull e Wakeby.

Os métodos dos Momentos, Momentos-L e Máxima Verossimilhança foram implementados para a estimativa dos parâmetros das distribuições supracitadas. Entretanto, ressalta-se que, neste momento, nem todas as distribuições podem ser ajustadas pelos três métodos mencionados.

Visando a verificação da aderência das distribuições de probabilidades às séries de dados, foram implementados tanto os testes tradicionais de Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado, como os testes mais robustos de Filliben e Anderson-Darling.

Dada à complexidade dos procedimentos implementados no SYHDA para a modelagem probabilística e, por fugir o escopo deste trabalho, maiores detalhes não foram descritos.

A fim de avaliar o desempenho e o potencial das funcionalidades de modelagem hidrológica probabilística, no SYHDA, realizou-se um estudo de caso envolvendo séries históricas de 342 postos pluviométricos do Rio Grande do Sul, obtidas junto ao Banco de Dados Hidrometeorológico da Agência Nacional de Águas. Os dados observados em escala diária foram processados em séries de precipitação máxima diária anual, as quais foram ajustadas ao modelo probabilístico de Gumbel, com parâmetros estimados pelo método dos Momentos. A verificação do ajuste da distribuição aos dados analisados foi verificada pelos testes de aderência Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 exibe a interface do SYHDA para o ajuste e verificação de aderência de modelos probabilísticos, permitindo observar o ajuste da distribuição de Gumbel e a verificação de adequação desta para uma das séries históricas analisadas de chuva máxima diária anual.

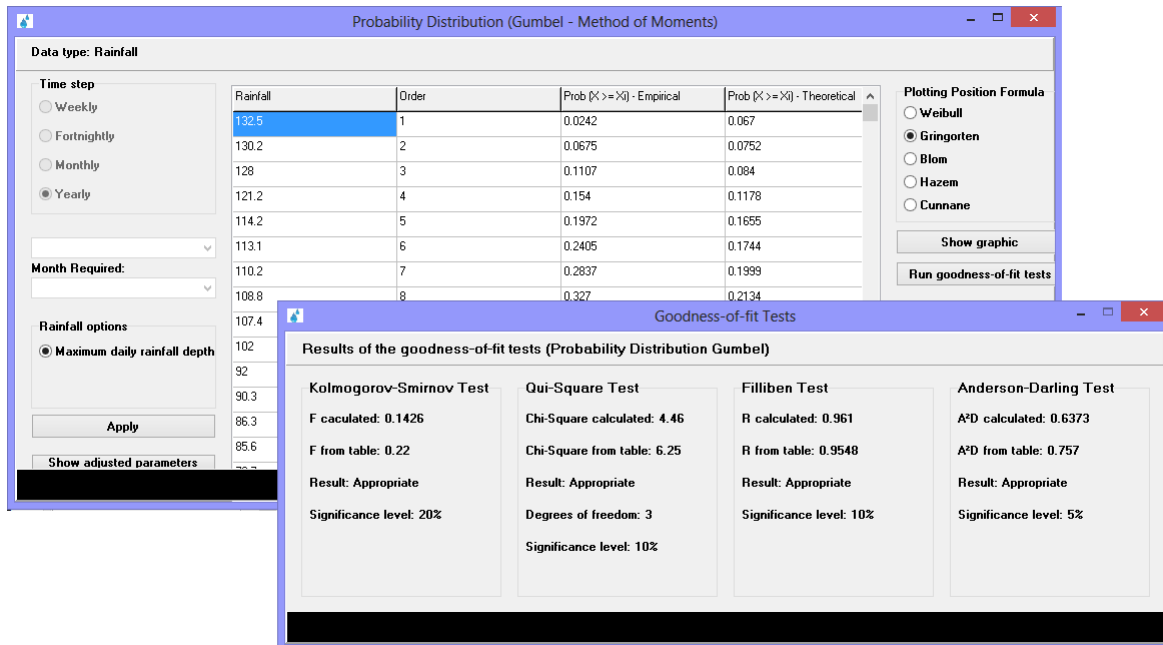


Figura 1 – Interface do SYHDA para modelagem probabilística.

Os resultados obtidos por meio do aplicativo SYHDA, empregando a distribuição de Gumbel para 342 postos pluviométricos do Rio Grande do Sul, foram processados em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e podem ser visualizados na Figura 2. Considerando o teste de Qui-Quadrado, ao nível de significância de 5%, 317 séries históricas foram ajustadas adequadamente à distribuição de Gumbel, sendo a variabilidade espacial dos parâmetros apresentadas, em classes e por área de influência do pluviômetro, na referida figura.

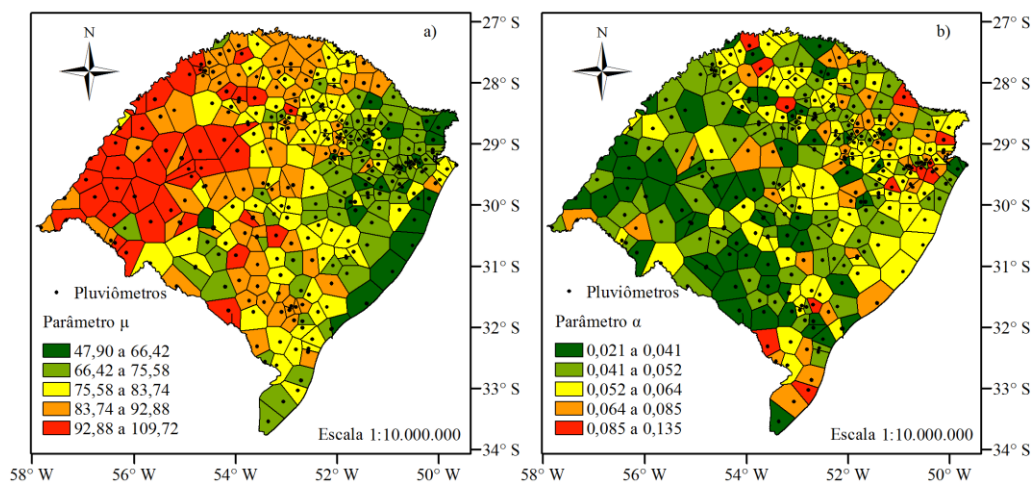


Figura 2 – Distribuição espacial da magnitude dos parâmetros da distribuição Gumbel para os postos pluviométricos analisados no Rio Grande do Sul.

Foi constatado que o ambiente de modelagem probabilística é amigável e de fácil manipulação, proporcionando ao usuário rapidez na elaboração, ajuste e verificação de adequação de uma distribuição de probabilidades, tarefa esta que, quando executada manualmente, pode despende tempo considerável. Esta constatação é ainda mais evidente quando do processamento de 342 séries históricas, como foi o propósito deste trabalho. Uma análise detalhada pôde ser realizada em função do processamento desse grande número de séries, permitindo verificar a acurácia do SYHDA frente ao ajuste da distribuição de Gumbel para estimativa chuva máxima diária anual no estado do Rio Grande do Sul.

Com o emprego do aplicativo SYHDA, a complexidade matemática intrínseca na modelagem probabilística de variáveis hidrológicas deixa de ser um fator limitante, especialmente em estudos de grande escala. Esta ferramenta poderá proporcionar, aos projetistas em engenharia de recursos hídricos, análises hidrológicas complexas no dia-a-dia de trabalho, auxiliando o gerenciamento e tomada de decisões.

4. CONCLUSÕES

Após processar um grande número séries de chuva máxima diária anual, constatou-se que o módulo de modelagem probabilística do SYHDA permitiu realizar as análises com acurácia, rapidez e confiabilidade. A implementação de distribuições de probabilidade, bem como testes de aderência, mais complexos e apurados, conferem ao SYHDA funcionalidades refinadas no contexto de modelagem hidrológica probabilística, visto que estas são pouco empregadas no Brasil para estudos em recursos hídricos. O SYHDA é uma ferramenta com grande potencial para aplicações por projetistas, visto que foi idealizado para trabalhar especificamente com séries hidrológicas, diferentemente de outros aplicativos de cunho puramente estatístico e com propósito geral.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BESKOW, S.; MELLO, C.R.; NORTON, L.D.; SILVA, A.M. Performance of a distributed semi-conceptual hydrological model under tropical watershed conditions. **Catena**, Amsterdam, v. 86, n. 3, p. 160-171, 2011.
- BESKOW, S.; NORTON, L.D.; MELLO, C.R. Hydrological prediction in a tropical watershed dominated by Oxisols using a distributed Hydrological model. **Water Resources Management**, Washington, v. 27, n. 2, p. 341-363, 2013.
- CORREA, L. L.; CALDEIRA, T. L.; SOUZA, M. R.; SIMÕES, M. C.; RODRIGUES, A. N.; BESKOW, S. Módulo de aquisição e análise de dados hidrológicos para o modelo hidrológico LASH. In: XXII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 2013, Pelotas. **Anais do XXII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas**, 2013.
- VIOLA, M.; MELLO, C.R.; BESKOW, S.; NORTON, L. Applicability of the LASH model for hydrological simulation of the Grande River Basin, Brazil. **Journal of Hydrologic Engineering**, Amsterdam, v. 18, p. 1639-1652, 2013.