

## DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA WEB PARA AJUSTE DE CURVAS IDF A PARTIR DE DADOS DIÁRIOS DE CHUVA

ZANDRA ALMEIDA DA CUNHA<sup>1</sup>; MARCELLE MARTINS VARGAS<sup>2</sup>; MAÍRA MARTIM DE MOURA<sup>3</sup>; JOÃO PEDRO DE MORAES SILVEIRA<sup>4</sup>; TAMARA LEITZKE CALDEIRA BESKOW<sup>5</sup>; SAMUEL BESKOW<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Discente do PPG Recursos Hídricos / CDTec / UFPel – zandraacunha@gmail.com

<sup>2</sup> Discente do PPG Recursos Hídricos / CDTec / UFPel – marcellevarg@gmail.com

<sup>3</sup> Discente do PPG Recursos Hídricos / CDTec / UFPel – martimdemoura@gmail.com

<sup>4</sup> Discente em Ciência da Computação / CDTec / UFPel – jpdrslvr@gmail.com

<sup>5</sup> Docente do PPG Recursos Hídricos / CEng / UFPel – tamaraleitzkecaldeira@gmail.com

<sup>6</sup> Docente do PPG Recursos Hídricos / CDTec / UFPel – samuelbeskow@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

Comumente utilizadas para subsidiar projetos de engenharia, as curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) fornecem informações sobre a intensidade dos eventos de chuva para diferentes combinações de duração e frequência. O procedimento para a estimativa dos parâmetros das curvas IDF consiste no(a): i) ajuste de uma função densidade de probabilidade (FDP) na série histórica do local do análise; ii) cálculo das intensidades de precipitação para um conjunto de tempos de retorno (TRs) a partir da FDP ajustada; e iii) obtenção das curvas IDF para cada TR e diferentes durações (D).

Embora o procedimento de obtenção das equações IDF seja executável sem a necessidade de recursos computacionais, a otimização de seus parâmetros é um processo complexo e sofre grande influência dos valores iniciais. Segundo CAMPOS et al. (2014), isso implica em conhecimento prévio dos limites dos parâmetros para otimização. Neste sentido, uma maneira de eliminar a subjetividade no processo de otimização dos parâmetros das equações IDF é a utilização de algoritmos genéticos de busca global, como o *Shuffled Complex Evolution - University of Arizona* (SCE-UA) (DUAN et al., 1992).

Na análise e manipulação de dados hidrológicos, ambientes computacionais desenvolvidos para essa finalidade são de extrema importância (VARGAS et al., 2019). Linguagens de programação interpretadas dispõem de bibliotecas que podem ser facilmente integradas a rotinas computacionais. Uma linguagem de código aberto que vem sendo amplamente utilizada é a linguagem de programação R, a qual vem sendo crescentemente aplicada para análise e modelagem de dados ambientais (HORSBURGH; REEDER, 2014).

No ajuste das equações IDF, dentre as ferramentas que já foram disponibilizadas, existem algumas limitações, tais como a falta da metodologia de desagregação de chuva diária, a utilização de modelos de equações simplificadas de IDF, a não aplicação de FDPs mais robustas e a ausência de um algoritmo de busca global para otimização dos parâmetros da equação IDF. Neste sentido, buscando suprir algumas destas limitações e disponibilizar à comunidade técnica e científica uma ferramenta de interface amigável, o Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas/CNPq desenvolveu a ferramenta *Genetic Algorithm for IDF* (GAM-IDF). Frente ao exposto, este trabalho objetivou apresentar a estruturação da GAM-IDF, desde sua concepção até o desenvolvimento e suas funcionalidades.

### 2. METODOLOGIA

A ferramenta GAM-IDF foi integralmente desenvolvida em linguagem R, utilizando a *Integrated Development Environment* RStudio, e disponibilizada de

forma web, gratuita e bilíngue (português-inglês). A interface da ferramenta GAM-IDF foi estruturada mediante os seguintes módulos: i) IDF; ii) chuva de projeto; iii) informações técnicas; e vi) sobre.

O módulo IDF é o principal módulo da ferramenta GAM-IDF, que concerne às etapas para obtenção das curvas IDF e otimização dos parâmetros da equação IDF. Foram implementadas duas opções de entrada dos dados de chuva: i) importação dos arquivos de precipitação diária disponibilizados pelo portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em formato \*.csv; e ii) importação da série de PMDA constituída pelo usuário, em ordem cronológica, com indicativo de “NA” nos anos em que há falhas, em formato \*.txt, \*.csv ou \*.xls. Caso o usuário opte pela utilização de arquivos da ANA, o módulo foi estruturado para constituir a série de precipitação máxima diária anual (PMDA), considerando um limiar de falhas *default* de 31 dias ou outro limiar escolhido pelo usuário.

Após a constituição ou importação da série de PMDA, o teste de Mann-Kendall (MK) (MANN, 1945; KENDALL, 1975), ao nível de significância de 5%, foi implementado para verificar a estacionariedade. Caso haja tendência na série, nenhum outro processamento é realizado e uma mensagem informativa aparece na interface da ferramenta. Caso contrário, uma FDP é ajustada à série de PMDA.

A GAM-IDF foi desenvolvida para realizar o ajuste das seguintes FDPs: Exponencial, Gama, Generalizada de Valores Extremos, Logística Generalizada, Normal Generalizada, Generalizada de Pareto, Valores Extremos do Tipo I (Gumbel), Kappa, Log-Normal 3 parâmetros, Pearson do Tipo III, Wakeby e Weibull. Para a estimativa dos parâmetros das FDPs, o Método dos Momentos-L foi implementado (HOSKING, 2019). Para verificar a aderência da FDP à série de PMDA, foi implementado o teste de Anderson-Darling (AD) (ANDERSON; DARLING, 1954) ao nível de 5% de significância.

Posteriormente, a GAM-IDF foi programada para calcular os quantis da série de PMDA a partir da FDP ajustada para as probabilidades de excedência associadas aos TRs 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos (*default*), ou aos TRs inseridos pelo usuário. Para desagregar os valores dos quantis calculados para os diferentes TRs em intervalos inferiores à 1 dia de duração, a ferramenta foi estruturada para duas opções: i) *default*: constantes de desagregação propostas por CETESB (1979); ou ii) outras: constantes de desagregação inseridas pelo usuário, considerando as mesmas relações de durações apresentadas por CETESB (1979).

Por fim, um modelo matemático de IDF é ajustado:

$$I = \frac{aTR^b}{(c + t)^d} \quad (1)$$

Em que I é a intensidade de precipitação ( $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ), TR é o tempo de retorno (anos), t é a duração (minutos) e a, b, c e d são os parâmetros do modelo.

O algoritmo genético SCE-UA (DUAN et al., 1992) foi implementado na ferramenta GAM-IDF para computar os valores dos quatro parâmetros da equação IDF. Para esse ajuste, o coeficiente de Nash-Sutcliffe (NS) (NASH; SUTCLIFFE, 1970) foi estabelecido como função objetivo, e a raiz do erro quadrático médio (RMSE) como estatística de desempenho.

O módulo Chuva de Projeto foi idealizado para viabilizar maior praticidade ao usuário, uma vez que retorna à intensidade da precipitação ( $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ), partindo da equação ajustada no módulo IDF. O módulo foi estruturado para possibilitar ao usuário a entrada de um determinado TR e D de interesse, e ainda, apresentar os valores das chuvas de projeto para todos os TRs escolhidos para o ajuste da

curva IDF. Por fim, os módulos Informações Técnicas e Sobre foram construídos como módulos informativos acerca do funcionamento e versão da ferramenta e de seus desenvolvedores.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ferramenta GAM-IDF está disponível em interface web e pode ser acessada em <https://gphidro.shinyapps.io/gam-idf/>, a partir de dispositivos móveis, como *tablets*, *smartphones* e *notebooks* ou dispositivos *desktop*.

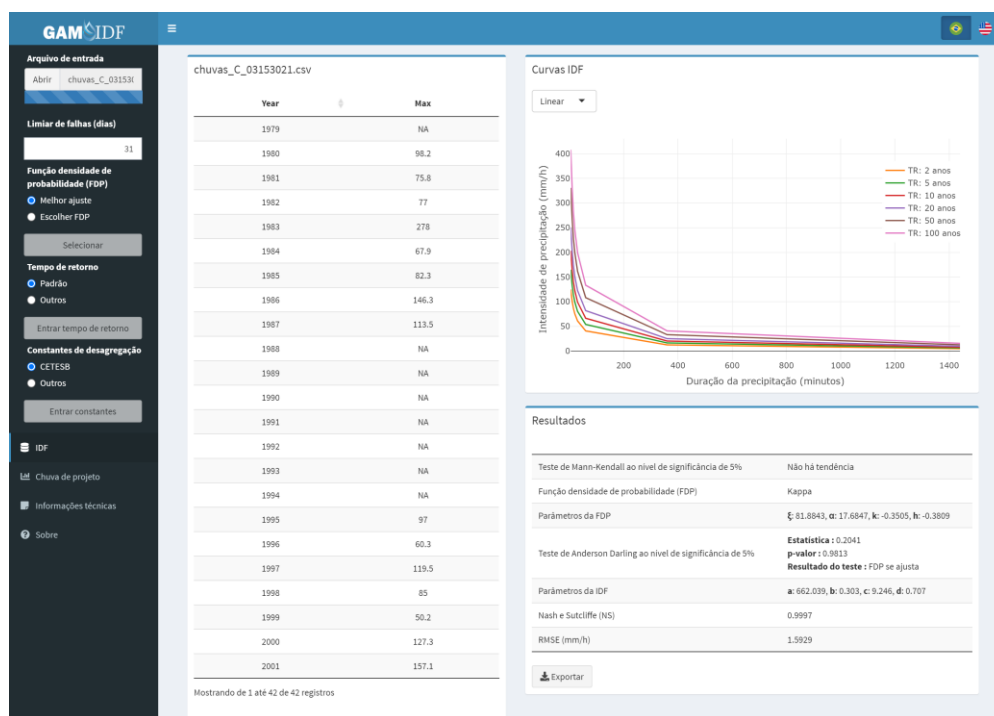


Figura 1 – Interface da ferramenta *Genetic Algorithm for IDF* (GAM-IDF), com ênfase no módulo IDF.

Caso a série de PMDA não apresente tendência, os resultados gerados na GAM-IDF são apresentados em um gráfico e resumidos diretamente na interface (Figura 1). O usuário pode escolher a FDP que deseja ajustar à série, ou a ferramenta realiza o ajuste de todas as FDPs e indica a que obteve melhor ajuste de acordo com o teste de AD.

Além disso, é possibilitado ao usuário, o *download* de um relatório com os resultados em formato \*.pdf. No módulo IDF, as curvas IDF geradas são apresentadas graficamente de forma automática ao processamento da ferramenta. O eixo das intensidades de precipitação pode ser exibido linearizado ou logaritimizado, podendo ser utilizado o artifício do zoom para facilitar a compreensão dos dados e de *download* do gráfico em formato \*.png.

O resultados apresentados de forma textual no módulo IDF contemplam: i) as informações sobre o teste de MK; ii) a FDP de melhor ajuste de acordo com o teste de AD, ou a FDP escolhida pelo usuário; iii) os parâmetros da FDP ajustada; iv) a estatística do teste de AD e o p-valor; v) os parâmetros da equação IDF; e vi) as estatísticas NS e RMSE para o ajuste da equação IDF.

A utilização do algoritmo SCE-UA na otimização dos parâmetros da IDF é de grande importância, visto que, além de ser um algoritmo de busca global, não há necessidade de conhecimento prévio dos valores iniciais dos parâmetros por parte do usuário (VARGAS et al., 2019b).

#### 4. CONCLUSÕES

A GAM-IDF possui fácil usabilidade, dada sua interface amigável e forma de disponibilização (web), a qual não requer download e instalação. É uma ferramenta com potencial a ser utilizada tanto no Brasil quanto no exterior, pois permitiu a entrada de banco de dados próprio e a utilização de outras constantes de desagregação. Além disso, a ferramenta GAM-IDF fomenta a utilização de distribuições de probabilidade multiparâmetros, e. g. GEV, Kappa 4 parâmetros e Wakeby 5 parâmetros, bem como a verificação de suas aderências por um teste quantitativo refinado. Desta forma, a ferramenta possui caráter científico e inovador, possuindo uma gama de finalidades do estado-da-arte na área de hidrologia.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, T.W.; DARLING, D.A. A test of goodness of fit. **Journal of the American Statistical Association**, v. 49, p. 756–769, 1954.

CAMPOS, A. R.; SANTOS, G. G.; SILVA, J. B. L.; IRENE FILHO, J.; LOURA, D. S. Equações de intensidade-duração-frequência de precipitações para o estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 488-498, 2014.

DUAN, Q.; SOROOSHIAN, S.; GUPTA, V. Effective and Efficient Global Optimization for Conceptual Rainfall-Runoff Models. *Water Resources Research*, v. 28, n. 4, p. 1015-1031, 1992. DOI: 10.1029/91WR02985.

HORSBURGH, J. S.; REEDER, S. L. Data visualization and analysis within a Hydrologic Information System: Integrating with the R statistical computing environment. **Environmental modelling & software**, v. 52, p. 51-61, 2014.

HOSKING, J. R. M. **Package ‘lmom’: L-Moments**, 2019.

IHAKA, R.; GENTLEMAN, R. R. a language for data analysis and graphics. **Journal of computational and graphical statistics**, v. 5, n. 3, p. 299-314, 1996.

KENDALL, M. **Rank correlation methods (4th edn.)** Charles griffin. San Francisco, CA, v. 8, 1975.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **The annals of mathematical statistics**, p. 50-60, 1947.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River flow forecasting through conceptual models part I-A discussion of principles. **Journal of hydrology**, v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970.

VARGAS, M. M.; BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; CORRÊA, L. D. L.; CUNHA, Z. A. D. SYHDA–System of Hydrological Data Acquisition and Analysis. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, 2019a.

VARGAS, M. M.; MOURA, M. M.; CUNHA, Z. A.; BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L. Alternativas computacionais para otimização dos parâmetros da IDF: abordagem inicial. In **Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2019b.