

## ABORDAGEM BAYESIANA DE ANÁLISE DAS INCERTEZAS DOS PARÂMETROS APLICADA AO MODELO CHUVA-VAZÃO SMAP

Renan Vieira Rocha<sup>1</sup>; Francisco de Assis de Souza Filho<sup>2</sup>; Ályson Brayner Sousa Estácio<sup>3</sup>; Victor Costa Porto<sup>1</sup>

### INTRODUÇÃO

Métodos MCMC (*Markov Chain Monte Carlo*) tem permitido a aplicação da abordagem bayesiana para a estimação das incertezas associadas. A abordagem probabilística bayesiana se diferencia da abordagem determinística clássica ao assumir que os parâmetros do modelo seguem uma distribuição de probabilidades, devido a uma aleatoriedade associada a incapacidade de atestar quais parâmetros representam a realidade, enquanto a abordagem clássica busca um conjunto de parâmetros que minimizam uma função objetivo, intrinsicamente assumindo que a dada função consegue mensurar corretamente o quão bem as vazões modeladas representam as vazões reais.

O presente trabalho buscou analisar a faixa de incertezas associadas aos parâmetros do modelo chuva-vazão SMAP (*Soil Moisture Accounting Procedure*) mensal através do algoritmo DREAM (*Differential Evolution with Self-Adaptive Randomized Subspace Sampling*), comparando os resultados com a abordagem clássica de calibração uniobjetivo. Foi selecionado para a modelagem as vazões afluentes ao açude Orós devido à sua importância regional.

### METODOLOGIA

O algoritmo do DREAM (VRUGT, 2016) permite a utilização uma função de verossimilhança resultante da combinação de múltiplas distribuições de probabilidades, visando considerar separadamente as diversas fontes de incertezas. A busca robusta e eficiente dentro do espaço amostral dos parâmetros é realizada por múltiplas cadeias markovianas iniciadas aleatoriamente, o que permite lidar com eventuais regiões múltiplas de alta atração das cadeias e facilita o uso de testes heurísticos para a avaliação de convergência do algoritmo. As distribuições posteriores foram obtidas com uma amostragem de 1.000 membros após verificada a convergência das 10 cadeias utilizadas. Foi analisado dois períodos: série completa com falhas de vazões: 1912 – 2012 (Per. 1); série mais longa sem falhas: 02/1973 – 02/1997 (Per. 2)

### RESULTADOS

As distribuições posteriores obtidas para o parâmetro K e CREC (Fig. 1a) converge com estudos passados, demonstrando que para a bacia estudada o modelo não apresenta sensibilidade ao K, explicitado pela distribuição similar a uniforme (*priori*), e que para a região a imposição do valor de CREC igual à zero é razoável (ALEXANDRE, 2013). A calibração uniobjetivo selecionou

1) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da UFC, renanvierocha@gmail.com; victorporto@gmail.com

2) Dr. Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC, assis@ufc.br

3) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da UFC, alysonbrayner@gmail.com

parâmetros próximos ao valor mais esperado da distribuição com coeficientes de NASH de 0,76 e 0,88, respectivamente para o período 1 e 2 (Fig. 1b).

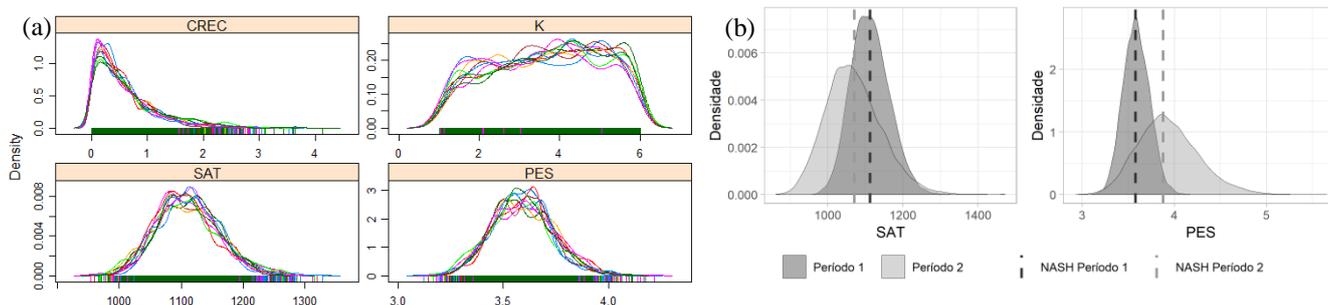


Figura 1 – (a) Distribuição posterior dos parâmetros do modelo SMAP, resultados para o período 1; (b) Distribuições posteriores dos parâmetros SAT e PES e relativa localização dos parâmetros escolhidos via calibração uniobjetivo.

Todos os parâmetros dentro do intervalo de confiança resultaram em séries de vazões praticamente idênticas pelo critério do NASH, com variação somente na segunda casa decimal, por exemplo, entre 0,75 e 0,76 para o período 1. As simulações com os parâmetros da amostra do período 1 e 2 conseguiu capturar alguns picos que foram subestimados pela calibração tradicional.

## CONCLUSÕES

A metodologia proposta conseguiu estimar satisfatoriamente a faixa de incertezas derivadas da seleção dos parâmetros do modelo e explicitar que a incorporação da mesma consegue estimar um intervalo de vazões que englobem vazões de pico, subestimadas pela a calibração comum. Os resultados demonstraram também a existência de diversos conjuntos de parâmetros equiprováveis de acordo com o coeficiente de eficiência de NASH por produzirem resultados muito similares, com pequenas alterações somente na segunda casa decimal, evidenciando dificuldades na escolha do conjunto representativo para a região.

A aplicação da metodologia para a série completa resultou em um intervalo de confiança de menor amplitude acerca dos possíveis parâmetros, fornecendo uma faixa de incertezas acerca das vazões quase idêntica à obtida aplicando a metodologia para um período de tempo mais curto.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, A. M. B.; SOUZA FILHO, F. A.; CAMPOS, J. N. B. Incorporação do Impacto da Rede de Reservatórios Superficiais Artificiais de Caráter Intranual na Modelagem Hidrológica Chuva -Vazão. In: Francisco de Assis de Souza Filho; José Nilson B. Campos; Sandra H. S. Aquino. (Org.). *Gerenciamento de Recursos Hídricos no Semiárido*. 1ed. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2013, p. 155-185.

VRUGT, J. A. Markov chain Monte Carlo simulation using the DREAM software package: Theory, concepts, and MATLAB implementation. *Environmental Modelling & Software*, [s. l.], v. 75, p. 273–316, 2016.