



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
NOVOS
DESAFIOS

ANÁLISE DE REDES HIDROMÉTRICAS COM EMPREGO DE ENTROPIA

Luiz Henrique PÁDUA

Doutorando, Universidade Federal de Minas Gerais, lhr.padua@gmail.com

Mauro Naghettini

Professor Doutor, Universidade Federal de Minas Gerais, mauro.naghettini@gmail.com

Francisco Silva

Professor Doutor, Universidade Federal de Minas Gerais, fsilva@ehr.ufmg.br

RESUMO

A coleta, monitoramento e manutenção de informação contínua e precisa, gerada por estações fluviométricas de uma rede hidrométrica, é de fundamental importância para subsidiar a tomada de decisões por seus operadores, visto serem os principais aspectos que norteiam estudos relacionados à hidrologia e hidráulica, como controle de enchentes e implantação de obras hidráulicas. Para isso, uma rede requer certa quantidade de estações de observação devidamente posicionadas na bacia, além de uma compreensão da capacidade de informações que cada uma detém e é capaz de produzir. No entanto, construir e manter uma rede hidrométrica bem estruturada e densa, na maioria dos países, tem sido uma tarefa árdua, em decorrência de limitações orçamentárias ou de insuficientes períodos contínuos de observação.

Neste estudo, foram empregados métodos que buscam avaliar a quantidade de estações e a qualidade da informação gerada pelas redes hidrométricas de algumas bacias hidrográficas. A ideia subjacente é a da chamada rede ótima, com base nas premissas preconizadas pela *World Meteorological Organization*, cuja função é de atender de forma otimizada e a baixo custo o objetivo precípuo da hidrometria, qual seja o de oferecer a informação necessária com um número mínimo de estações fluviométricas corretamente posicionadas na bacia.

Dentro desse contexto, propõe-se aqui uma metodologia de análise de redes hidrométricas. Foram avaliados e aplicados os modelos mais recentes para determinar a rede ótima em bacias hidrográficas, com foco naqueles baseados na teoria da informação, os quais empregam o conceito de entropia. Tal conceito de entropia é utilizado como base para avaliação da quantidade de informação gerada por cada estação, ou um conjunto de estações. A entropia pode ser definida como a informação contida em uma variável (estação), usada para quantificar a incerteza de um particular resultado, ou saída (x_i), em um processo aleatório discreto, com n eventos, sendo expressa da seguinte forma: $H(X) = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log p(x_i)$, onde a unidade de medida da entropia, em geral, é dada na base logarítmica, sendo em "bits" se a base for 2.

De modo complementar, foram empregados métodos de regionalização de vazões para indicação dos potenciais locais para instalação de novas estações fluviométricas, em associação com as chamadas funções utilidade, adicionando uma visão econômica ao estudo. As funções utilidade, em conjunto com as medidas de entropia, podem, de forma assertiva, indicar os melhores locais para o posicionamento das estações fluviométricas em análise.

Dois diferentes modelos de análise de redes hidrométricas utilizando o conceito de entropia foram utilizados. O primeiro deles denominado Water Level Monitoring Design in Polders (WMP) e o segundo modelo, denominado Maximum Information Minimum Redundancy (MIMR).

Para a aplicação dos modelos primeiramente é necessário a discretização da série de dados contínuos das estações estudadas. Nesse trabalho, optou-se pela metodologia utilizando a discretização dos dados por uma função matemática de nivelamento, onde um valor contínuo da série de dados x , é convertido em um número inteiro mais próximo, multiplicado por uma constante a : $x_q = a \left(\frac{2x+a}{2a} \right)$, em detrimento a técnicas convencionais de discretização por histogramas, visto a grande subjetividade dessa última na determinação do tamanho dos intervalos do histograma.

Os modelos foram aplicados às sub-bacias pertencentes à bacia do Rio São Francisco, no Brasil. Essas sub-bacias, com áreas superiores a 20.000 km², são providas de grande quantidade de estações de monitoramento fluviométrico e, por esta razão, foram escolhidas para a realização dos estudos de avaliação aqui descritos. Além disso, são ainda poucos os estudos aplicados às grandes bacias hidrográficas, tais como as encontradas no Brasil. Estas, geralmente, possuem uma grande variação temporal e magnitude de descargas, características das bacias de clima tropical.

Os resultados mostraram que as metodologias que utilizam o conceito de entropia são muito eficientes para avaliação de redes hidrométricas em diferentes cenários de possibilidades, quer sejam aplicados para avaliar uma rede já existente visando sua otimização ou para propor novos locais para instalação das estações de monitoramento. Tais resultados indicam que um pequeno número de estações, quando corretamente localizadas, pode ser suficiente para coletar a informação gerada e monitorar bacias de grandes dimensões. A abordagem empregada pelos referidos modelos, qual seja a de buscar a maximização da informação gerada e a minimização das eventuais redundâncias os tornam superiores aos modelos estatísticos convencionais.

Palavras-chave: Entropia, Hidrometria, Modelação Hidrológica.