

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

10.1. Determinação do “valor de projeto”

Em favor da segurança, geralmente as obras de recursos hídricos são dimensionadas para valores extremos ou característicos que garantam ao mesmo tempo a segurança e a viabilidade econômica da obra. Para este valor característico dá-se o nome de “valor de projeto”. Os termos “vazão de projeto” e “chuva de projeto” são usados.

O histórico disponível (série temporal) não contém necessariamente a observação do valor extremo ou característico. Assim, é preciso fazer uma certa especulação sobre o futuro. Nesses estudos são aplicadas técnicas de probabilidade e estatística associando chances ou probabilidades de ocorrência de certos eventos a partir da análise da série histórica.

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



10.1.1. Análise de frequência

A análise de frequência consiste na avaliação, a partir de uma série de dados homogêneos, do número de vezes que o evento observado supera ou é menor que determinado valor de referência. A análise de frequência pode ainda ser feita pelo agrupamento dos dados em intervalos de classe. O histograma de frequências simples é a representação gráfica da frequência com que uma variável ocorre com dado valor. A frequência pode ser dada por " m/N ", chamado Método Califórnia, ou " $m/(N+1)$ ", chamado Método de Kimbal. " m " é o número de ocorrências, e, N é o número total de inferências da série de dados em análise.

<HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS>

<HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS COM VALORES ACUMULADOS>

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



10.1.2. Função de densidade de probabilidade

Na medida em que a amostra de dados é representativa da “população”, pode ser feita a ligação entre as freqüências amostrais e as probabilidades. Ou seja, o histograma amostral de freqüências pode ser aproximado como a distribuição empírica de probabilidades da variável em análise (chuvas, vazões, etc...).

As variáveis contínuas têm suas distribuições de probabilidade simples apresentadas na forma de uma função densidade de probabilidade (**FDP**). Por decorrência, observa-se ainda a possibilidade do estabelecimento da função cumulativa de probabilidades, **FCP** (excedência ou não-excedência de um determinado valor).

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



Verifica-se a existência de algumas funções de densidade e cumulativas de probabilidades teóricas. Alguns exemplos de FDPs aplicadas em estudos hidrológicos são: a distribuição normal, a distribuição de gumbel, a distribuição de weibull, a distribuição log-pearson tipo 2 e tipo 3, entre outras. As FDPs são estimadas em função de parâmetros estatísticos da série temporal, como, média, desvio padrão, coeficiente de assimetria da “população”. Existem metodologias específicas como o método dos momentos e o método da máxima verossimilhança para estimativa do valor desses parâmetros das distribuições teóricas. Pode-se ainda usar metodologias de ajuste de modelos probabilísticos à uma determinada série temporal.

<EXEMPLOS GRÁFICOS DE FDPs>

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



10.1.3. O conceito de período de retorno ou tempo de recorrência

Tempo de recorrência é o intervalo médio, em anos, entre a ocorrência de uma cheia com determinada magnitude ou uma de igual ou maior valor. Assim, o conceito do tempo de recorrência está associado com a frequência, e, por decorrência com a probabilidade de superação de um determinado valor. É dado por:

$$t_R = \frac{N + 1}{m}$$

onde: t_R é o tempo de recorrência

m é o número de ordem da maior cheia ou o número de vezes que a mesma foi superada

N é o número de inferências total da variável de estudo

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



Ou ainda:

$$t_R = \frac{1}{P}$$

onde P é a probabilidade do evento ser igualado ou ultrapassado

A probabilidade, J , de que ao menos um evento, igual ou maior do que o evento do ano de ordem t_R venha a ocorrer em uma série qualquer de N anos é:

$$J = 1 - (1 - P)^N$$

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



10.1.4. Exercício (Determinação dos "valores de projeto")

Utilizando a série de vazões máximas anuais observadas no rio Perequê-açu em Paraty:

- (a) Faça a representação gráfica dos histogramas de frequência simples e acumulado;
- (b) a cheia para o tempo de recorrência de 50 anos pelos métodos de Gumbel e de Log-Pearson tipo III;
- (c) o tempo de recorrência da cheia de 1979 pelos métodos de Gumbel e de Log-Pearson tipo III;
- (d) calcular a probabilidade de que a cheia de 50, 100 e 200 anos ocorram em qualquer período de 100, 200 ou 500 anos.

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



10.1.5. Valores de referência em Projetos e na Gestão de Recursos Hídricos

Q_{MLT} – é um valor de referência usado nas questões relacionadas ao gerenciamento de recursos hídricos e em estudos de regionalização de vazões. Vazão média de longo termo.

q - vazão específica, é um valor de referência usado nas questões relacionadas à gestão de recursos hídricos e em estudos de regionalização de vazões. É dada pela vazão dividida pela área de drenagem. Expressa geralmente nas unidades de $l/s.km^2$.

$Q_{7,10}$ – é um valor de referência usado nas questões relacionadas à gestão dos recursos hídricos. Vazão mínima de sete dias de duração com período de retorno de 10 anos.

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



VMP – Vazão Máxima Provável ou máxima cheia provável. É um valor de referência usado no dimensionamento de extravasores. A determinação da VMP é feita com base na PMP (Precipitação Máxima Provável)

PMP – Precipitação Máxima Provável, ou precipitação máxima possível. Está associada a um limite superior de precipitação que pode ocorrer devido à interação de vários fatores meteorológicos. A determinação pode ser feita por metodologias de base física ou através de técnicas de estatística. Geralmente, é aplicado mais de um método e os resultados comparados.

Q_{95} – é um valor de referência usado nas questões relacionadas à gestão dos recursos hídricos, em estudos de regionalização e em estudos relacionados à cheias. Corresponde à vazão para 95% na curva de permanência. O valor Q_{50} , que corresponde à 50%, também é bastante utilizado.

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



10.1.5.1 – Curva de Permanência

A curva de permanência reflete, a partir da análise de frequência, a probabilidade de um determinado evento ser igualado ou ultrapassado.

Os eventos são ordenados em ordem decrescente. Intervalos de classe podem ser aplicados.

<representação gráfica da curva de permanência>

A denominação de curva de duração é usada, quando na análise os eventos, os mesmos são ordenados em ordem crescente. Nesse caso, a probabilidade se refere ao valor igual ou menor.

<representação gráfica da curva de duração>

10. Aplicação das Técnicas de Probabilidade e Estatística em Hidrologia

(continuação)



10.2. Análise de Regressões e Correlações

Em hidrologia é muito comum o estudo de correlações entre variáveis para explicar determinados fenômenos hidrológicos. Seja na extrapolação no tempo e no espaço das variáveis hidrológicas, seja para explicação de fenômenos físicos.

10.3. Hidrologia Estocástica

Na hidrologia estocástica aplicam-se modelos estatísticos na representação dos fenômenos hidrológicos. Ou seja, as séries temporais de precipitação e vazão são tratadas como variáveis aleatórias.