



curso de
ENGENHARIA CIVIL
UFPel



Programa de Pós-Graduação em
**RECURSOS
HÍDRICOS**
Universidade Federal de Pelotas

Unidade 7: Vazões mínimas utilizadas em estudos de outorga

Prof. Dr. Hugo Alexandre Soares Guedes

Pelotas, 2019.

Introdução

Na hidrologia, em grande parte das vezes, interessa avaliar qual a possibilidade de um determinado evento ser maior ou igual (ou menor ou igual) a um dado valor, e isto remete ao conceito de uma **variável contínua**, como, por exemplo, vazões de um rio.

Os fenômenos hidrológicos podem ser caracterizados como aleatórios, podendo-se associar aos mesmos, um caráter probabilístico e estocástico envolvendo esses fenômenos.

Em termos de seu comportamento há de se ressaltar que sempre haverá possibilidade de um dado evento hidrológico ser superior ou inferior a um valor histórico, uma vez que uma das principais funções da hidrologia consiste em **observar os eventos e modelar as frequências de suas ocorrências**, possibilitando que sejam feitas estimativas assumindo determinado risco.

A grande importância de dados extremos para a hidrologia.

Introdução

O primeiro passo para se modelar a frequência de dados hidrológicos é fazer um **estudo de sua ocorrência**, no que se estabelece um percentual com que uma variável hidrológica pode ser maior que um dado valor.

Isso é chamado de **frequência de excedência** e é obtida diretamente de uma série histórica de dados.

Contudo, pode-se trabalhar com a frequência de não excedência, ou seja, aquela em que se estuda o percentual de uma variável ser menor ou igual a um dado valor.

$$f_{exc} = 1 - f_{não-exc.}$$

Introdução

O termo i , no numerador, refere-se à posição de plotagem (ou ordem) que o dado ocupa após ordenação da série histórica, a qual pode ser colocada em ordem **crescente** para frequência de não excedência e ordem **decrescente** para frequência de excedência.

Equações para estimativa de frequência observada e suas respectivas aplicações.

Fórmula	Autor	Atributos de aplicação
$q_i = \frac{i}{n+1}$	Weibull	Probabilidades de excedência não enviesadas para todas as distribuições
$q_i = \frac{i-0,44}{n+0,12}$	Gringorten	Usada para quantis das distribuições de Gumbel e GEV
$q_i = \frac{i-0,375}{n+0,25}$	Blom	Quantis não enviesados para as distribuições Normal e Log-Normal
$q_i = \frac{i-0,5}{n}$	Hazen	Usada para quantis da distribuição Gama de 3 parâmetros
$q_i = \frac{i-0,40}{n+0,20}$	Cunnane	Quantis aproximadamente não enviesados para todas as distribuições

Introdução

O tamanho da série histórica tem grande importância visto que ela representará a possibilidade tendo como referência seu registro histórico.

Portanto, o ajuste de uma distribuição de probabilidades busca sua aplicação para estimar as frequências de eventos que ainda não foram registrados e que, normalmente são aplicados a projetos hidráulicos.

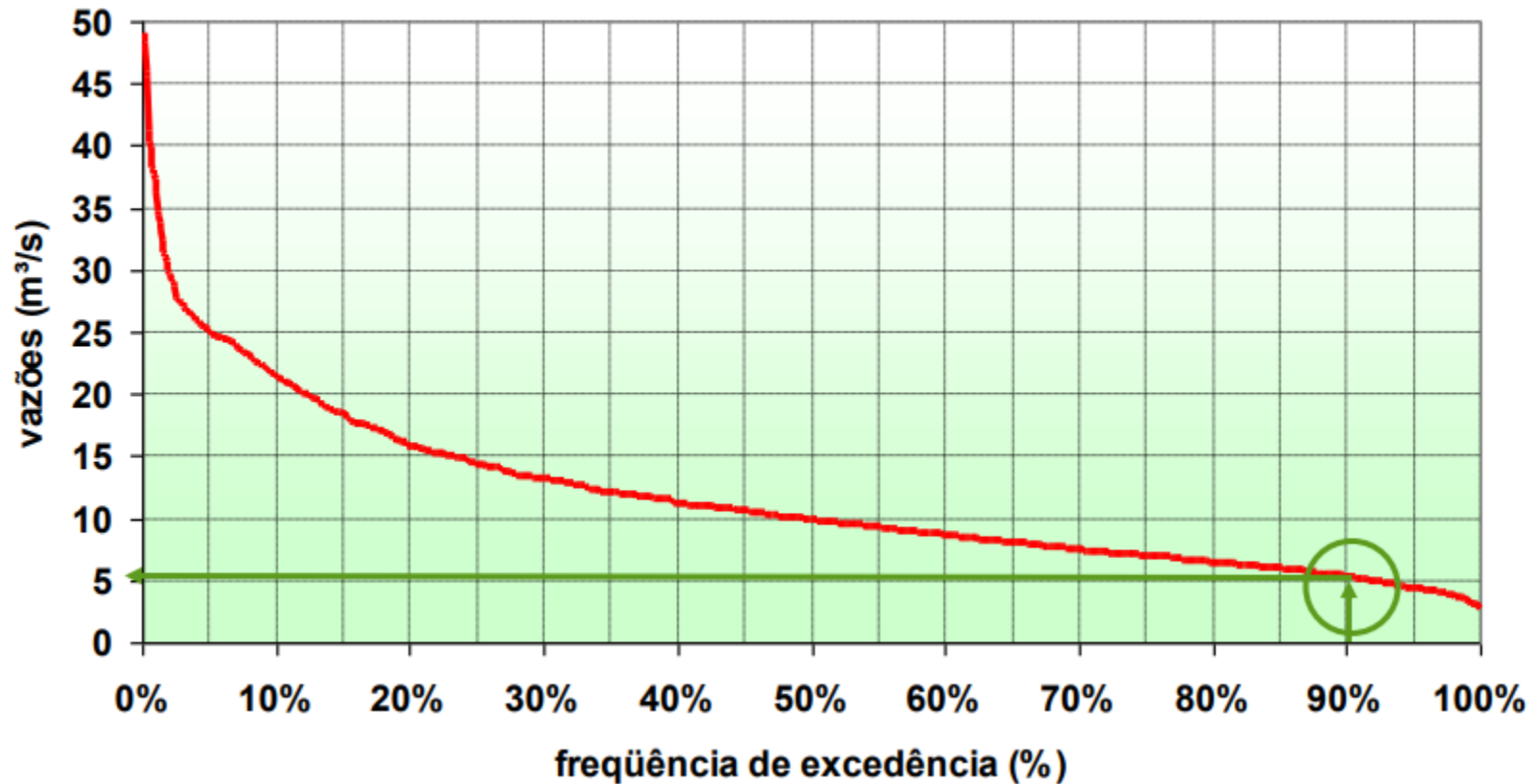
A frequência de excedência é bastante usada em hidrologia. Para estudos de vazões, essa situação também é importante, sendo que, neste caso, pode-se gerar um gráfico conhecido como **Curva de Permanência**.

Isso significa que pode-se obter a percentagem de tempo (ou permanência) na qual uma determinada vazão é superada ou igualada.

Importância:

- ✓ Determinação de uma vazão mínima de um curso d'água para abastecimento ou irrigação.
- ✓ Vazão de referência para gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Curva de permanência



A vazão de 5,4 m³/s é igualada ou superada em 90% do tempo.

Curva de permanência

A curva de permanência expressa a relação entre a vazão e a frequência com que esta é superada ou igualada.

A curva de permanência pode ser elaborada a partir de **dados diários, mensais ou anuais de vazão**.

Quanto menor o intervalo de duração ou acumulação dos dados mais segura será a interpretação da curva de permanência.

Um valor prático extraído da curva de permanência é o Q_{90} , o qual significa a vazão mínima existente no curso d'água em 90% do tempo, sendo aplicada à gestão dos recursos hídricos. Observa-se que se trata de uma vazão pequena. O risco assumido é de que há possibilidade de, em 10% do tempo, a mesma ser inferior ao valor estimado e, nesse caso, possíveis problemas podem ocorrer com o fornecimento de água ao projeto ou mesmo conflitos pelo uso da água.

Vazões de referência

✓ $Q_{7,10}$ → é a menor vazão média consecutiva de sete dias que ocorreria com um período de retorno de uma vez em cada 10 anos. Tem origem no setor de saneamento é usada como critério em vários estados, como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

✓ Q_{90} e Q_{95} → a disponibilidade hídrica é estabelecida a partir de estatísticas do passado observadas em estações de monitoramento.

✓ A ANA adota como vazão de referência a vazão que é superada em 95% do tempo (Q_{95}) uma vez que o risco de 5% é um valor médio entre os riscos que se considera toleráveis pelos diversos setores usuários.

Por exemplo, se a Q_{95} de determinado rio é 10 m³/s, isso significa que durante aproximadamente 347 dias ao ano, ou seja, 95% dos dias, a vazão naquele rio é maior ou igual a 10 m³/s. Se considerarmos Q_{90} , o tempo de permanência da vazão cai de 347 (95%) para 329 (90%) dias ao ano, assim o valor da vazão de referência aumenta, pois a garantia de permanência daquela vazão diminui.

Curva de permanência

Construção da curva de permanência

Dada uma seção fluvial, para a qual se dispõe de N dias de registros fluviométricos, pode ser construída do seguinte modo:

- 1° → ordene as vazões Q em ordem decrescente;
- 2° → atribua a cada vazão ordenada Q_m a sua respectiva ordem de classificação m ;
- 3° → associe a cada vazão ordenada Q_m a sua respectiva frequência ou probabilidade empírica de ser igualada ou superada $P(Q \geq Q_m)$, a qual pode ser estimada pela razão $(m/N+1)$;
- 4° → construa um gráfico.

Exemplo

Código da Estação: 88750000

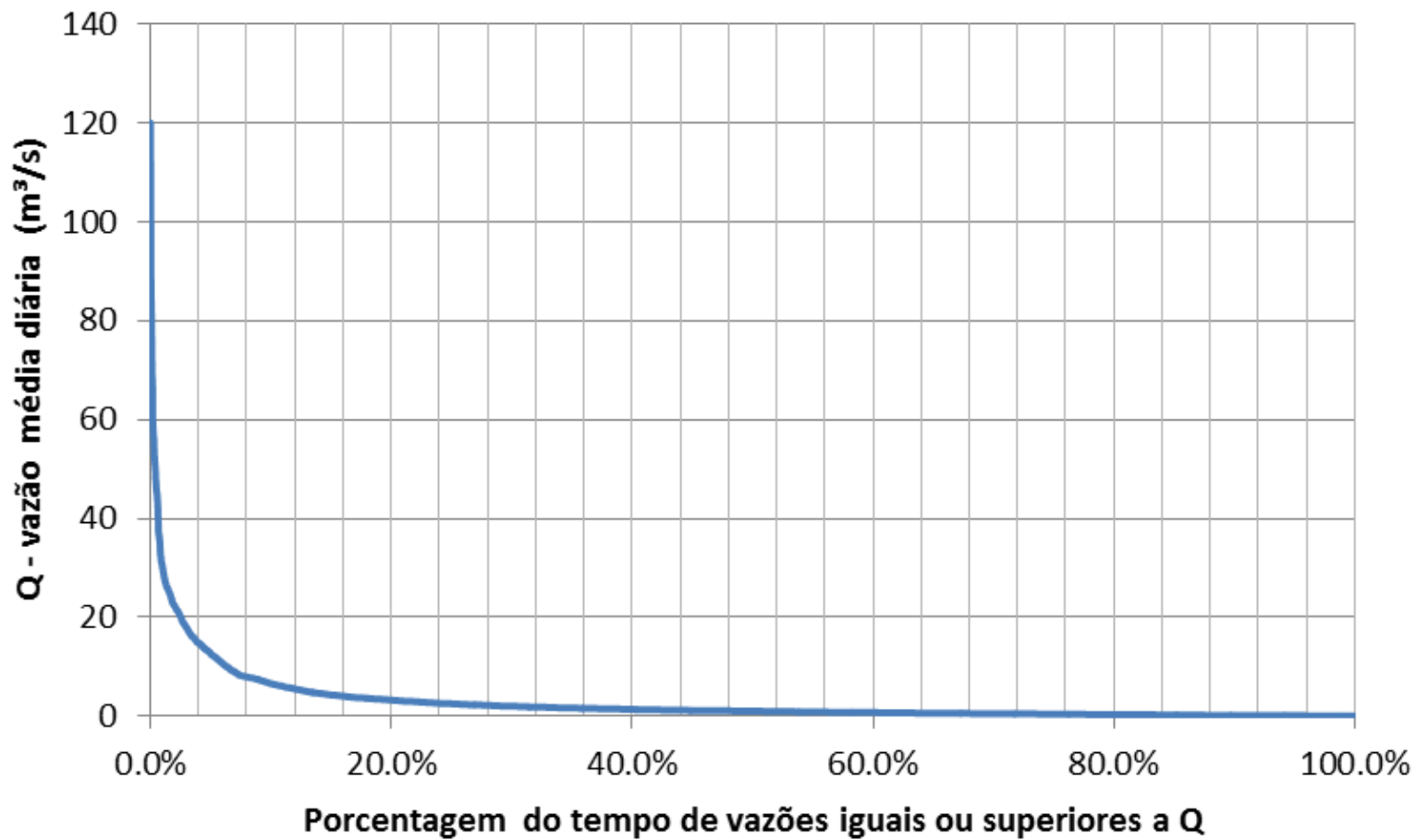
Serie histórica: 41 anos

Ano	Q média anual (m ³ /s)	Ano	Q média anual (m ³ /s)
1965	3.09	1986	3.14
1966	4.12	1987	4.05
1967	2.76	1988	1.10
1968	1.08	1989	0.24
1969	1.44	1990	3.02
1970	1.07	1991	2.93
1971	1.63	1992	3.89
1972	3.27	1993	3.09
1973	2.59	1994	2.05
1974	3.57	1995	2.72
1975	2.77	1996	1.49
1976	5.25	1997	3.80
1977	4.70	1998	4.71
1978	2.28	1999	1.79
1979	2.15	2000	2.71
1980	3.17	2001	4.49
1981	2.53	2002	4.66
1982	3.48	2003	3.20
1983	4.96	2004	2.24
1984	4.69	2005	1.20
1985	2.46		

Excel

Curva de permanência

Curva de permanência



Q7,10

Dada uma seção fluvial, para a qual se dispõe de N dias de registros fluviométricos, pode ser construída do seguinte modo:

- 1° → calcular as médias móveis de 7 dias para cada ano;
- 2° → obter o valor mínimo das médias móveis para cada ano;
- 3° → montar uma nova série histórica com os valores mínimos das médias móveis de 7 dias de cada ano Q_7 ;
- 4° → ordenar os dados para testar ajuste de distribuição de probabilidades como: Weibull, Gumbel, Log-normal a 2 e 3 parâmetros;
- 5° → calcular a vazão mínima das médias de 7 dias para um tempo de retorno igual a 10 anos – $Q_{7,10}$;

Probabilidade de não excedência

$$F(X_0) = P \{X \leq X_0\} = \frac{m}{N+1}$$

Tempo de retorno

$$Tr = \frac{1}{F(X_0)}$$

Tempo de Retorno

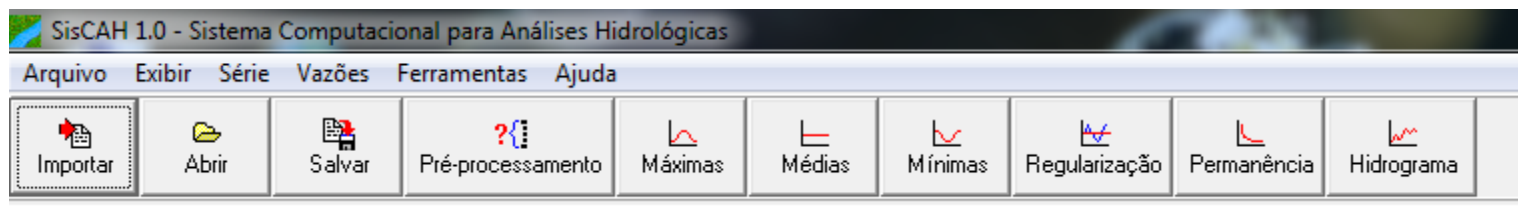
O tempo de retorno representa o inverso da frequência com que um evento pode ser igualado ou superado num ano qualquer, ou seja, a probabilidade com que uma dada variável hidrológica possa ser igualada ou superada, pelo menos uma vez, num ano qualquer e de forma independente.

$$TR = \frac{1}{F(X > X_i)}$$

No entanto, quando o objeto de estudo consiste de **uma série histórica de dados hidrológicos mínimos** ou dados que apresentem distribuição normal, o tempo de retorno a ser estimado também está associado á probabilidade com que um dado valor pode ser inferior ao esperado.

$$TR = \frac{1}{F(X \leq X_i)}$$

Software



Exercício

n	Código
1	85440000
2	79400000
3	76360001
4	76550000
5	72400000
6	74205000
7	75295000
8	86440000
9	87170000
10	88680000
11	73480000

Q_{90} (m ³ /s)	Q_{95} (m ³ /s)
92,93	83,45
0,32	0,10
0,97	0,64
5,2	4,63
3,55	2,32
0,49	0,18
12,20	8,92
13,72	9,28
8,64	6,10
8,38	6,11
23,18	16,75



curso de
ENGENHARIA CIVIL
UFPel



Programa de Pós-Graduação em
**RECURSOS
HÍDRICOS**
Universidade Federal de Pelotas

Unidade 7: Vazões mínimas utilizadas em estudos de outorga

Prof. Dr. Hugo Alexandre Soares Guedes

Pelotas, 2019.