

Capítulo 133

Vazão mínima com Weibull

Capítulo 133- Vazão mínima com Weibull

133.1 Introdução

Para achar a vazão mínima denominada $Q_{7,10}$ usamos o método de Weibull.

Origem do $Q_{7,10}$

Um dos primeiros métodos usado foi o de **Tennant** (ou Montana) feito em 1976 e ainda usado em 16 estados na América do Norte segundo Sarmento, 2007 e em 25 países no mundo.

O método é extremamente simples e usa basicamente a **porcentagem de 30% da vazão média** anual de cada seis meses com diversas qualificações. Não vamos entrar em detalhe do método, pois não iremos utilizá-lo. Foi feito para rios de grandes dimensões. De modo geral segundo Sarmento, 2007 a vazão correspondente a 10% da vazão média anual é suficiente para sustentar uma pequena condição de habitat para os peixes. Uma vazão de 30% da vazão média anual mantém uma boa qualidade de habitat e uma vazão de 60% a 100% da vazão média anual promove uma excelente condição para a maioria das formas de vida aquática.

Método $Q_{7,10}$

$Q_{7,10}$ significa vazão de 7 dias consecutivas em 10 anos. A representação também pode ser $7Q_{10}$ muito usada nos Estados Unidos.

Também em meados dos anos 70 apareceu nos Estados Unidos o método $Q_{7,10}$ que foi exigido em projetos para evitar o problema de poluição dos rios. No estado da Pensilvânia foi exigido para áreas maiores que $1,3\text{km}^2$ e a vazão mínima usada foi de $1\text{ L/s} \times \text{Km}^2$ que era a vazão necessária na bacia para o fluxo natural da água. Se a vazão fosse menor que $Q_{7,10}$ haveria degradação do curso de água.

O método $Q_{7,10}$ não possui nenhuma base ecológica.

Portanto, na origem da criação do $Q_{7,10}$ tinha como função o recebimento de descargas de esgotos sanitários. Mais tarde houve mudança de significado do método $Q_{7,10}$ passando a refletir a situação do habitat aquático e do habitat na região ribeirinha, ou seja, a zona riparia.

Segundo Sarmento, 2007 o método $Q_{7,10}$ segue duas etapas:

1. Calcula-se o Q_7 para todos os anos de registro histórico considerado
2. Aplica-se uma distribuição estatística de vazão mínima denominada distribuição de Gumbel e **Weibull** que são as mais comuns

A distribuição de Weibull foi usada pela primeira pelo engenheiro sueco Waloddi Weibull (1887-1979) na análise de resistência à fadiga de certos materiais conforme Naghetitini e Andrade Pinto, 2007. A constatação de que, em um cenário extremo, as vazões que escoam por uma seção fluvial são forçosamente limitadas inferiormente pelo valor zero, faz com que a distribuição de Weibull seja uma candidata natural à modelação de eventos hidrológicos mínimos.

As Figuras (133.1) e (133.2) mostram como obter a vazão $Q_{7,10}$ conforme Unesco, 2005 e salientam que análises demonstraram que a vazão $Q_{7,10}$ pode ser obtida com **99% das vazões diárias de uma região baseado em NRC, 2001 in Unesco, 2005.**

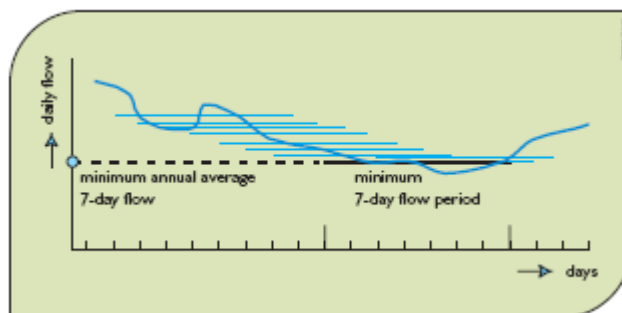


Figura 133.1- Vazão de 7 dias
 Fonte: Unesco, 2005

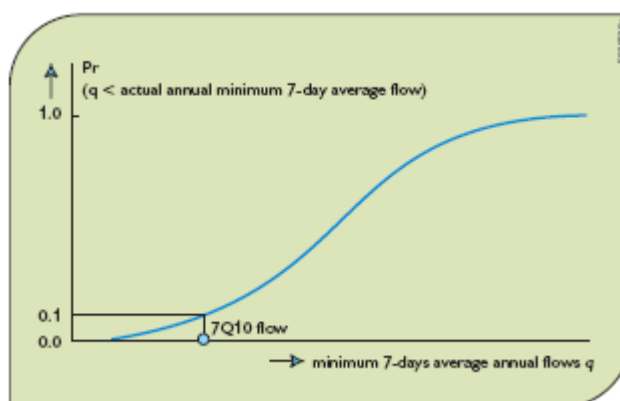


Figura 133.2- Vazão de 7 dias
 Fonte: Unesco, 2005

Exemplo 133.1

Este exemplo do dr. Mauro Naghettini in Heller, 2006.

Calcular a vazão $Q_{7,10}$ de um rio cujas médias anuais (41 anos) das vazões Q_7 do ano 1938 a 1978 usando a *distribuição de Weibull de 2 parâmetros* usada para modelar eventos mínimos.

Tabela 133.1- Vazões mínimas de 7 dias seguidos de 1938 a 1978

Ano	Q_7 (m ³ /s)
1938	46,7
1939	37,9
1940	33,4
1941	39,0
1942	33,3
1943	46,1
1944	30,5
1945	35,4
1946	30,5
1947	36,4
1948	26,0
1949	37,5
1950	30,0
1951	27,1

1952	34,1
1953	26,5
1954	18,8
1955	15,0
1956	20,7
1957	27,1
1958	31,1
1959	19,7
1960	21,8
1961	29,7
1962	27,5
1963	18,5
1964	19,8
1965	37,2
1966	34,3
1967	27,1
1968	29,7
1969	19,8
1970	27,3
1971	13,6
1972	26,7
1973	29,9
1974	24,7
1975	20,7
1976	25,5
1977	23,7
1978	27,1
Media=	28,473
Desv padrao=	7,590
Coef variação CV=	0,2666
Entrando com o coeficiente de variação CV na tabela achamos:	
B(alfa)=	0,8856
A (alfa)=	0,9093
1/alfa=	0,2364
Beta= Media/A(alfa)=	31,31
Q7,10=	18,40

Tabela 133.2- Relações auxiliares de Weibull

1/α	A(α)	B(α)	CV	1/α	A(α)	B(α)	CV	1/α	A(α)	B(α)	CV
0,000	1,0000	1,0000	0,0000	0,105	0,9493	0,9155	0,1259	0,210	0,9155	0,8863	0,2394
0,005	0,9971	0,9943	0,0063	0,110	0,9474	0,9131	0,1316	0,215	0,9143	0,8860	0,2446
0,010	0,9943	0,9888	0,0127	0,115	0,9454	0,9107	0,1372	0,220	0,9131	0,8858	0,2498
0,015	0,9915	0,9835	0,0190	0,120	0,9435	0,9085	0,1428	0,225	0,9119	0,8856	0,2549
0,020	0,9888	0,9784	0,0252	0,125	0,9417	0,9064	0,1483	0,230	0,9107	0,8856	0,2601
0,025	0,9861	0,9735	0,0315	0,130	0,9399	0,9044	0,1539	0,231	0,9105	0,8856	0,2611
0,030	0,9835	0,9687	0,0376	0,135	0,9381	0,9025	0,1594	0,232	0,9103	0,8856	0,2621
0,035	0,9809	0,9641	0,0438	0,140	0,9364	0,9007	0,1649	0,234	0,9098	0,8856	0,2642
0,040	0,9784	0,9597	0,0499	0,145	0,9347	0,8990	0,1703	0,235	0,9096	0,8856	0,2652
0,045	0,9759	0,9554	0,0559	0,150	0,9330	0,8974	0,1758	0,2355	0,9095	0,8856	0,2657
0,050	0,9735	0,9513	0,0619	0,155	0,9314	0,8960	0,1812	0,2360	0,9094	0,8856	0,2662
0,055	0,9711	0,9474	0,0679	0,160	0,9298	0,8946	0,1866	0,2361	0,9093	0,8856	0,2663
0,060	0,9687	0,9435	0,0739	0,165	0,9282	0,8933	0,1919	0,2362	0,9093	0,8856	0,2664
0,065	0,9664	0,9399	0,0798	0,170	0,9267	0,8922	0,1973	0,2363	0,9093	0,8856	0,2665
0,070	0,9641	0,9364	0,0857	0,175	0,9252	0,8911	0,2026	0,2364	0,9093	0,8856	0,2666
0,075	0,9619	0,9330	0,0915	0,180	0,9237	0,8901	0,2079	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,080	0,9597	0,9298	0,0973	0,185	0,9222	0,8893	0,2132	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,085	0,9575	0,9267	0,1031	0,190	0,9208	0,8885	0,2185	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,090	0,9554	0,9237	0,1088	0,195	0,9195	0,8878	0,2238	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,095	0,9533	0,9208	0,1146	0,200	0,9181	0,8872	0,2290	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,100	0,9513	0,9181	0,1203	0,205	0,9168	0,8867	0,2342	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667

X= média dos valores =28,473m³/s

S= desvio padrão= 7,590 m³/s

Cv= coeficiente de variação= S/X=7,590/28,473= 0,2666

X_T= valor de Q7,10

T= 10 para período de retorno de 10anos

Com o valor de Cv= S/X= 7,590 / 28,473= 0,2666 entramos na Tabela (133.2) e achamos:

$$A(\alpha) = 0,9093$$

$$1/\alpha = 0,2364$$

$$\beta = X / A(\alpha)$$

$$\beta = 28,473 / 0,9093 = 31,31$$

$$X_T = \beta \cdot [-\ln(1 - 1/T)]^{1/\alpha}$$

Para T=10anos, temos:

$$X_{10} = \beta \cdot [-\ln(1 - 1/10)]^{1/\alpha}$$

$$X_{10} = 31,31 \times [-\ln(1 - 1/10)]^{0,2364} = 18,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vamos **conferir** o método de Weibull colocando-se os dados de vazões em ordem crescente e fazendo a divisão $(n+1/m)$, ou seja, $(41+1/m) = 42/m$ variando o valor de m de 1 a 41.

Entrando com o período de retorno de 10 anos obtemos o valor de Q7,10.

A aderência do modelo Weibull com a curva achado é muito boa.

Tabela 133.3- Ordem crescente das vazões e valores $41+1/m$ sendo m variando de 1 a 41

Valores de m	Ordem crescente (m ³ /s)	(n+1)/m= 42/m
1	13,6	42,0
2	15,0	21,0
3	18,5	14,0
4	18,8	10,5
5	19,7	8,4
6	19,8	7,0
7	19,8	6,0
8	20,7	5,3
9	20,7	4,7
10	21,8	4,2
11	23,7	3,8
12	24,7	3,5
13	25,5	3,2
14	26,0	3,0
15	26,5	2,8
16	26,7	2,6
17	27,1	2,5
18	27,1	2,3
19	27,1	2,2
20	27,1	2,1
21	27,3	2,0
22	27,5	1,9
23	29,7	1,8
24	29,7	1,8
25	29,9	1,7
26	30,0	1,6
27	30,5	1,6
28	30,5	1,5
29	31,1	1,4
30	33,3	1,4
31	33,4	1,4
32	34,1	1,3
33	34,3	1,3
34	35,4	1,2
35	36,4	1,2
36	37,2	1,2
37	37,5	1,1
38	37,9	1,1
39	39,0	1,1
40	46,1	1,1
41	46,7	1,0

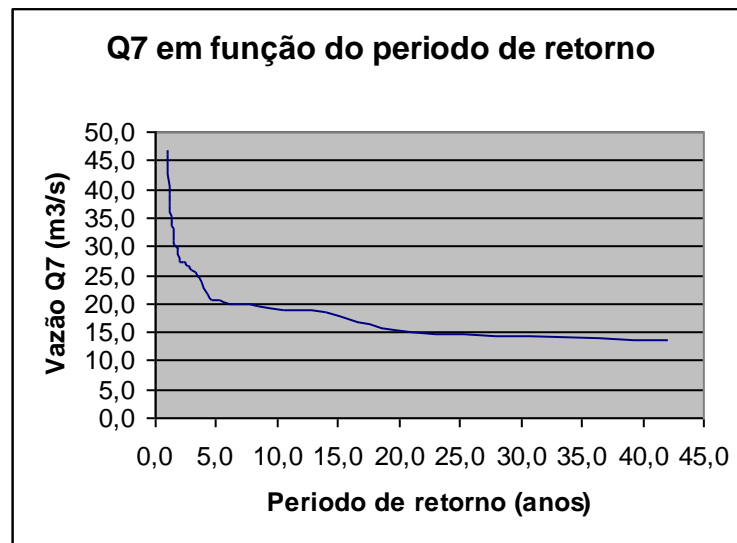


Figura 133.3- Gráfico onde entrando-se com $T_r=10$ anos achamos o $Q_{7,10}$

133.2 Erros na distribuição de Weibull

Conforme Naghettini, 2007 que cita o trabalho de Kite, 1977, o erro padrão da distribuição de Weibull para mínimos pode ser estimado por:

$$S_T = \delta w (s_x^2/n)^{0,5}$$

Sendo:

S_T = erro na distribuição de Weibull

δw = assimetria

s_x = desvio padrão

n = tamanho da amostra

O valor delta w é obtido da Tabela (8.7) de Naghettini, 2007.

Para se usar a Tabela (8.7) temos que entrar com o período de retorno, que normalmente é $T = 10$ anos e com o coeficiente de assimetria.

O coeficiente de assimetria é dado pela fórmula:

$$G = \frac{\sum (x_i - \text{média})^3}{(n \cdot s_x^3)}$$

O valor de G pode ser positivo ou negativo.

No programa Excel a função é chamada de “distorção “ que permite calcular o coeficiente de assimetria.

Exemplo: =DISTRORÇÃO (E20:E40)

Tabela 8.7 – Parâmetro δ_w para estimativa do erro padrão da distribuição de Weibull (mínimos)

Assimetria	Tempo de retorno (anos)					
	2	5	10	20	50	100
-0,80	0,9265	1,3665	1,8116	2,2267	2,6325	2,7650
-0,70	0,9743	1,3556	1,7517	2,1869	2,7877	3,2475
-0,60	1,0242	1,3492	1,6940	2,1413	2,8843	3,5450
-0,50	1,0710	1,3434	1,6356	2,0820	2,9084	3,6757
-0,40	1,0954	1,3259	1,5738	1,9846	2,7731	3,5067
-0,30	1,0886	1,2934	1,5063	1,8351	2,4456	3,0047
-0,20	1,0952	1,2624	1,4374	1,7320	2,2300	2,7011
-0,10	1,1065	1,2282	1,3709	1,6181	2,0938	2,5248
0,00	1,1157	1,1916	1,3042	1,5255	1,9631	2,3559
0,10	1,1244	1,1532	1,2374	1,4371	1,8437	2,2043
0,20	1,1318	1,1130	1,1711	1,3529	1,7336	2,0658
0,30	1,1394	1,0712	1,1078	1,2814	1,6496	1,9627
0,40	1,1460	1,0281	1,0467	1,2172	1,5775	1,8740
0,50	1,1517	0,9839	0,9905	1,1653	1,5236	1,8065
0,60	1,1567	0,9392	0,9414	1,1287	1,4905	1,7623
0,70	1,1605	0,8943	0,8981	1,1014	1,4661	1,7262
0,80	1,1636	0,8500	0,8646	1,0895	1,4583	1,7074
0,90	1,1657	0,8072	0,8422	1,0914	1,4630	1,7006
1,00	1,1671	0,7669	0,8319	1,1064	1,4788	1,7047
1,10	1,1678	0,7303	0,8348	1,1338	1,5049	1,7189
1,20	1,1681	0,6988	0,8507	1,1719	1,5394	1,7413
1,30	1,1680	0,6739	0,8792	1,2196	1,5815	1,7715
1,40	1,1676	0,6569	0,9196	1,2745	1,6291	1,8075
1,50	1,1669	0,6488	0,9673	1,3354	1,6816	1,8488
1,60	1,1658	0,6494	1,0218	1,3987	1,7355	1,8921
1,70	1,1643	0,6585	1,0807	1,4638	1,7908	1,9376
1,80	1,1622	0,6742	1,1406	1,5274	1,8446	1,9823
1,90	1,1596	0,6940	1,1987	1,5877	1,8952	2,0247
2,00	1,1544	0,7148	1,2523	1,6421	1,9405	2,0628

133.2 Métodos dos índices de duração de vazão

Surgiram depois outros métodos como o Q7,1, o Q7,2 (Ontário), o Q7,5 (Dakota) o Q7,20 (Ontário) e o Q7,25.

Não há dúvida que o método **Q7,10** é o mais usado no mundo.

Na Tabela (133.2) podemos ver num período de 10 anos durante os meses de agosto e setembro quando as vazões são mais baixas e como se acha a vazão **Q7,10**, que é a menor das vazões por 7 dias seguidos e dá em torno de $1,81\text{m}^3/\text{s}$.

Os estudos da WSC, 2004 mostraram que a vazão **Q7,10** corresponde a vazão Q98,85 a Q99,85. Os métodos mais usados no mundo são o **Q7,10** e o Q95.

Tabela 133.4- Baixas vazões no rio Batchawana nos meses de agosto de 1992 a setembro de 2001.

julian day	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1-Aug	9.64	15.60	10.30	5.82	52.60	2.77	2.36	4.40	6.77	1.77
2-Aug	10.20	24.60	10.10	5.70	53.20	2.75	2.24	4.06	6.41	1.76
3-Aug	9.89	26.20	9.30	5.62	48.60	2.73	2.12	3.87	7.92	1.67
4-Aug	9.57	22.30	8.46	5.71	39.80	2.69	2.04	3.70	9.93	1.64
5-Aug	9.55	18.70	7.63	6.86	31.60	2.59	1.93	3.47	9.35	1.61
6-Aug	9.15	15.60	6.78	10.60	28.40	2.55	1.81	3.51	8.03	1.64
7-Aug	8.25	14.00	6.23	9.95	27.40	2.52	1.75	3.75	7.59	1.70
8-Aug	9.29	13.20	5.99	8.60	27.30	2.48	2.12	4.43	8.56	1.78
9-Aug	9.80	12.30	5.68	8.23	23.90	2.46	2.44	4.37	9.09	1.92
10-Aug	9.84	11.50	5.22	6.78	20.50	2.45	2.14	4.13	9.21	1.97
11-Aug	9.55	10.70	4.85	6.84	17.60	2.44	1.97	4.01	9.84	1.88
12-Aug	8.54	9.73	4.57	7.49	16.20	2.43	2.12	3.77	8.84	1.77
13-Aug	7.69	8.95	4.40	6.96	17.50	2.42	2.03	9.49	7.87	1.66
14-Aug	7.05	8.48	4.61	6.33	17.50	2.41	1.95	15.00	7.03	1.55
15-Aug	6.51	8.15	4.48	6.05	19.60	2.64	1.98	15.60	6.23	1.54
16-Aug	6.07	8.15	4.37	5.68	19.80	3.08	1.78	14.10	5.52	1.84
17-Aug	5.72	7.68	4.26	5.35	18.50	3.16	2.59	16.70	5.01	4.37
18-Aug	5.88	6.94	4.16	4.93	16.70	3.06	2.37	19.60	4.65	4.78
19-Aug	6.28	6.63	4.21	4.53	14.80	2.99	2.10	16.90	4.33	4.57
20-Aug	6.39	6.61	4.42	4.26	16.60	2.90	1.94	13.70	4.02	3.77
21-Aug	6.15	6.36	5.05	3.95	19.70	2.83	1.89	10.90	3.78	3.17
22-Aug	5.94	5.99	5.12	3.65	27.90	2.74	1.81	10.20	3.81	2.80
23-Aug	5.70	5.77	5.03	3.45	31.80	2.67	1.80	8.80	3.62	2.58
24-Aug	5.37	5.93	5.09	3.43	29.30	2.57	1.87	7.25	3.37	2.41
25-Aug	5.12	5.72	4.99	3.21	24.70	2.52	1.91	6.33	3.24	2.27
26-Aug	5.00	5.60	6.22	3.32	20.60	2.49	1.67	5.65	5.53	2.28
27-Aug	4.91	5.49	7.72	3.24	17.40	2.43	1.80	5.06	5.18	2.19
28-Aug	4.82	5.28	25.60	3.11	14.80	2.35	2.31	4.66	4.28	2.09
29-Aug	4.53	5.09	34.70	2.99	13.30	2.29	2.14	4.20	4.35	1.99
30-Aug	4.74	5.20	30.60	4.05	12.20	2.23	1.96	3.81	4.26	1.97
31-Aug	5.06	5.89	28.20	14.10	11.10	2.20	1.89	3.52	4.32	1.89
1-Sep	4.82	5.64	28.90	19.20	10.40	2.15	1.79	3.31	9.40	1.83
2-Sep	5.48	5.39	27.20	18.90	9.67	2.10	2.20	3.18	13.40	1.77
3-Sep	21.80	5.31	23.70	15.90	8.97	2.06	2.33	3.03	15.10	1.79
4-Sep	20.10	5.34	20.20	13.40	8.47	2.07	2.46	2.90	15.90	1.81
5-Sep	16.00	5.42	17.60	11.50	8.17	2.09	2.56	2.92	15.00	1.82
6-Sep	13.20	5.26	15.10	11.50	7.80	2.16	2.43	2.86	13.20	1.81
7-Sep	11.60	4.99	13.40	52.30	7.26	2.21	2.26	2.67	11.90	1.78
8-Sep	12.50	4.84	12.20	76.00	6.74	2.20	2.18	2.61	12.10	1.79
9-Sep	15.10	10.50	11.00	70.50	6.37	2.14	2.12	2.83	11.60	1.81
10-Sep	18.80	12.30	10.00	47.20	6.10	2.22	1.96	3.00	10.70	2.69
11-Sep	17.50	11.80	9.09	34.90	8.40	2.38	1.86	3.29	12.40	4.25
12-Sep	15.90	11.00	8.32	26.60	12.80	2.45	1.76	3.30	19.90	6.87
13-Sep	17.00	17.10	7.98	21.50	14.80	2.35	1.67	4.76	25.10	9.02
14-Sep	19.00	67.50	8.00	19.10	20.70	2.29	1.82	5.25	22.70	7.88
15-Sep	21.00	115.00	8.03	17.30	30.90	2.23	2.91	5.88	18.60	6.70
16-Sep	25.00	100.00	8.34	18.50	38.40	2.20	2.40	6.53	15.50	5.64
17-Sep	30.00	75.60	9.19	27.90	36.90	2.45	2.24	6.09	13.30	4.95
18-Sep	36.00	53.60	9.77	32.60	30.90	2.71	2.04	5.44	11.70	4.40
19-Sep	47.00	40.00	9.15	31.00	25.10	3.08	1.91	5.39	10.50	4.10
20-Sep	60.00	31.10	8.48	30.20	20.60	3.32	2.01	7.20	11.90	6.46
21-Sep	54.00	25.70	7.90	28.90	17.30	3.25	2.26	8.51	15.10	14.90
22-Sep	42.00	22.30	7.28	26.60	15.10	3.01	2.29	9.21	15.90	17.30
23-Sep	34.00	20.50	6.68	28.30	13.50	2.85	2.29	8.79	16.60	16.20
24-Sep	30.00	18.70	6.38	29.20	13.30	2.74	2.61	8.19	16.50	15.00
25-Sep	25.00	16.70	6.24	27.10	13.60	2.70	2.85	7.46	15.40	14.20
26-Sep	19.00	14.60	6.14	24.50	13.10	2.67	2.94	6.73	14.30	13.10
27-Sep	22.00	13.70	6.16	22.10	25.30	2.65	2.96	7.44	14.00	12.20
28-Sep	25.70	12.60	7.14	20.10	39.70	2.61	3.09	9.05	13.40	11.20
29-Sep	25.10	12.00	8.27	18.10	45.10	2.58	3.08	9.85	12.50	10.10
30-Sep	22.70	11.20	9.13	16.60	43.40	2.55	3.14	10.10	11.50	9.15

daily flow is below the Q_{95}
 daily flow is below the 7Q10
 daily flow is below the 7Q20

133.3 Método $Q_{95\%}$ ou método da análise da frequência

O método de análise da frequência é usado para achar o $Q_{95\%}$

A sua aplicação é fácil e é feito da seguinte maneira:

- Primeiramente coloque em **ordem decrescente** todas as vazões dos rios em análise
- De um número “m” para cada vazão indo de 1 até o número total de dados de vazões que conseguimos que é “n”.
- A probabilidade “P” dada uma certa vazão que será igualada ou superada é definida por:
$$P = 100 \times m / (n+1)$$
- Ponha num **gráfico semi-logarítmico** da seguinte maneira Figura (133.4).

Na Figura (133.4) podemos ver que quando a vazão base é alta temos a linha “a” e quando a vazão base é baixa temos a linha “b” que geralmente são rios de baixa vazão.

Facilmente podemos tirar o valor $P=95\%$.

Alguns países usam Q_{90} , relação Q_{90}/Q_{50} para indicar a contribuição da água de recarga subterrânea, mas não é adotado por todos.

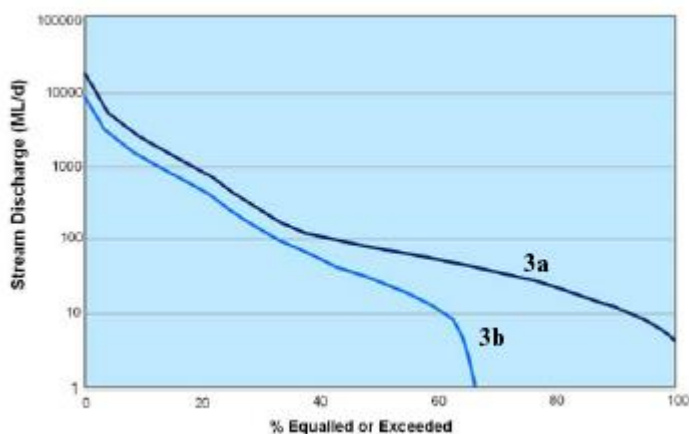


Figura 133.4- Curva da análise de frequência

Exemplo 133.2 Dadas as vazões médias mensais do rio Descoberto conforme Tabela (133.5) achar o Q₉₅%.

Tabela 133.5- Vazões médias mensais do rio Descoberto, Goiás

				VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) - ANO: 1978						
				CAESB/DP/PHI/PHIP/PHIPH						
ESTAÇÃO: DESCOBERTO CH. 89				CÓDIGO: 60435000		ALTITUDE: 1034,89 m		LATITUDE: 15° 42' 30"		
ANO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO
1978						2,190	1,800	1,510	1,330	1,580
1979	7,220	6,470	4,440	3,540	2,660	2,390	2,300	1,830	1,620	1,370
1980	5,520	8,360	4,090	4,130	3,030	2,520	2,190	1,830	1,790	1,520
1981	4,230	2,970	4,330	4,190	3,010	2,620	2,300	1,770	1,530	2,930
1982	6,190	4,500	4,990	4,040	3,090	2,440	1,890	1,980	1,100	1,460
1983	5,910	8,250	5,760	4,400	2,940	2,450	2,160	1,760	1,540	2,080
1984	3,000	2,970	2,990	3,310	2,170	1,700	1,280	0,967	0,968	1,110
1985	4,410	3,300	3,060	3,110	2,100	1,590	1,330	1,040	0,852	1,310
1986	4,140	3,230	2,610	2,080	1,730	1,260	0,989	0,868	0,655	0,816
1987	2,490	1,710	3,040	2,090	1,580	1,090	0,835	0,670	0,675	0,811
1988	1,960	2,350	4,000	2,800	1,880	1,580	1,300	1,090	0,881	1,320
1989	2,620	2,460	2,530	2,070	1,750	1,440	1,160	1,060	1,040	1,530
1990	4,400	3,770	3,050	2,550	2,220	1,680	1,670	1,250	1,390	1,300
1991	2,540	2,950	4,120	3,520	2,310	1,930	1,570	1,280	1,160	1,140
1992	3,190	5,380	3,230	3,880	2,490	2,200	1,810	1,480	1,410	1,710
1993	2,870	3,460	2,820	3,310	2,520	1,890	1,430	1,340	1,050	1,070
1994	5,300	4,440	7,740	4,800	3,400	2,760	2,220	1,750	1,320	1,380
1995	3,140	2,920	3,570	3,590	2,860	2,040	1,240	0,832	0,650	0,666
1996	1,820	1,410	1,860	1,670	1,230	0,894	0,671	0,566	0,505	0,720
1997	3,670	1,980	3,350	3,340	2,260	1,720	1,180	0,806	0,812	0,679
1998	1,820	1,580	2,010	1,290	0,937	0,730	0,523	0,337	0,187	0,298
1999	1,780	1,440	3,040	1,810	1,480	1,170	0,897	0,535	0,347	0,722
2000	4,170	3,620	3,880	2,730	1,810	1,340	1,070	0,752	1,070	0,767
2001	3,120	2,620	3,470	2,260	1,550	1,120	0,826	0,632	0,589	0,799
2002	4,220	4,320	2,880	2,280	1,630	1,280	1,040	0,774	0,802	0,577
2003	2,760	2,790	2,920	2,930	1,780	1,260	0,839	0,563	0,460	0,391
2004	4,300	7,190	5,260	5,250	2,760	2,090	1,670	1,260	0,807	0,919
2005	3,780	4,290	5,480	3,370	2,500	1,910	1,520	1,160	0,837	0,622
2006	2,200	2,560	3,030	3,640						
M. Histórica	3,670	3,689	3,698	3,142	2,210	1,760	1,418	1,132	0,978	1,128

Na Tabela (133.6) está em ordem crescente das vazões e as probabilidades.

Tabela 133.6- Ordem, probabilidades e vazões médias.

m	$P=100 \times m / (333+1)$	Ordem Decrescente
Ordem	P	Q (m³/s)
1	0,30	8,36
2	0,60	8,36
3	0,90	8,25
4	1,20	8,25
5	1,50	7,74
6	1,80	7,22
7	2,10	7,22
8	2,40	7,2
9	2,69	6,47
10	2,99	6,47
11	3,29	6,19
12	3,59	6,19
13	3,89	5,91
14	4,19	5,91
15	4,49	5,76
16	4,79	5,76
17	5,09	5,66
18	5,39	5,52
19	5,69	5,52
20	5,99	5,38
21	6,29	5,3
22	6,59	4,99
23	6,89	4,99
24	7,19	4,86
25	7,49	4,86
26	7,78	4,8
27	8,08	4,5
28	8,38	4,5
29	8,68	4,44
30	8,98	4,44
31	9,28	4,44
32	9,58	4,41
33	9,88	4,4
34	10,18	4,4
35	10,48	4,4
36	10,78	4,33

37	11,08	4,33
38	11,38	4,23
39	11,68	4,23
40	11,98	4,19
41	12,28	4,19
42	12,57	4,17
43	12,87	4,14
44	13,17	4,13
45	13,47	4,13
46	13,77	4,12
47	14,07	4,09
48	14,37	4,09
49	14,67	4,04
50	14,97	4,04
51	15,27	4
52	15,57	3,88
53	15,87	3,88
54	16,17	3,77
55	16,47	3,75
56	16,77	3,75
57	17,07	3,73
58	17,37	3,73
59	17,66	3,67
60	17,96	3,62
61	18,26	3,6
62	18,56	3,59
63	18,86	3,57
64	19,16	3,55
65	19,46	3,54
66	19,76	3,54
67	20,06	3,52
68	20,36	3,52
69	20,66	3,47
70	20,96	3,46
71	21,26	3,4
72	21,56	3,35
73	21,86	3,35
74	22,16	3,34
75	22,46	3,31
76	22,75	3,31

77	23,05	3,3
78	23,35	3,25
79	23,65	3,25
80	23,95	3,23
81	24,25	3,23
82	24,55	3,19
83	24,85	3,14
84	25,15	3,12
85	25,45	3,11
86	25,75	3,1
87	26,05	3,09
88	26,35	3,09
89	26,65	3,06
90	26,95	3,05
91	27,25	3,04
92	27,54	3,04
93	27,84	3,03
94	28,14	3,03
95	28,44	3,01
96	28,74	3,01
97	29,04	3
98	29,34	2,99
99	29,64	2,97
100	29,94	2,97
101	30,24	2,97
102	30,54	2,95
103	30,84	2,94
104	31,14	2,94
105	31,44	2,93
106	31,74	2,93
107	32,04	2,92
108	32,34	2,9
109	32,63	2,89
110	32,93	2,87
111	33,23	2,86
112	33,53	2,82
113	33,83	2,8
114	34,13	2,8
115	34,43	2,76
116	34,73	2,73

117	35,03	2,67
118	35,33	2,66
119	35,63	2,66
120	35,93	2,62
121	36,23	2,62
122	36,53	2,62
123	36,83	2,62
124	37,13	2,61
125	37,43	2,6
126	37,72	2,55
127	38,02	2,55
128	38,32	2,54
129	38,62	2,53
130	38,92	2,52
131	39,22	2,52
132	39,52	2,52
133	39,82	2,49
134	40,12	2,49
135	40,42	2,48
136	40,72	2,48
137	41,02	2,46
138	41,32	2,45
139	41,62	2,45
140	41,92	2,44
141	42,22	2,44
142	42,51	2,44
143	42,81	2,39
144	43,11	2,39
145	43,41	2,35
146	43,71	2,32
147	44,01	2,31
148	44,31	2,3
149	44,61	2,3
150	44,91	2,3
151	45,21	2,3
152	45,51	2,26
153	45,81	2,26
154	46,11	2,22
155	46,41	2,22
156	46,71	2,2

157	47,01	2,19
158	47,31	2,19
159	47,60	2,19
160	47,90	2,19
161	48,20	2,17
162	48,50	2,17
163	48,80	2,17
164	49,10	2,16
165	49,40	2,16
166	49,70	2,13
167	50,00	2,13
168	50,30	2,11
169	50,60	2,11
170	50,90	2,1
171	51,20	2,09
172	51,50	2,08
173	51,80	2,08
174	52,10	2,08
175	52,40	2,07
176	52,69	2,07
177	52,99	2,04
178	53,29	2,01
179	53,59	1,98
180	53,89	1,98
181	54,19	1,98
182	54,49	1,96
183	54,79	1,96
184	55,09	1,93
185	55,39	1,89
186	55,69	1,89
187	55,99	1,89
188	56,29	1,88
189	56,59	1,86
190	56,89	1,83
191	57,19	1,83
192	57,49	1,83
193	57,78	1,83
194	58,08	1,83
195	58,38	1,82
196	58,68	1,82

197	58,98	1,81
198	59,28	1,81
199	59,58	1,81
200	59,88	1,79
201	60,18	1,79
202	60,48	1,79
203	60,78	1,78
204	61,08	1,78
205	61,38	1,77
206	61,68	1,77
207	61,98	1,76
208	62,28	1,76
209	62,57	1,75
210	62,87	1,75
211	63,17	1,73
212	63,47	1,72
213	63,77	1,71
214	64,07	1,71
215	64,37	1,7
216	64,67	1,68
217	64,97	1,67
218	65,27	1,67
219	65,57	1,62
220	65,87	1,62
221	66,17	1,59
222	66,47	1,59
223	66,77	1,58
224	67,07	1,58
225	67,37	1,58
226	67,66	1,57
227	67,96	1,55
228	68,26	1,55
229	68,56	1,55
230	68,86	1,55
231	69,16	1,54
232	69,46	1,54
233	69,76	1,53
234	70,06	1,53
235	70,36	1,53
236	70,66	1,52

237	70,96	1,52
238	71,26	1,51
239	71,56	1,49
240	71,86	1,48
241	72,16	1,48
242	72,46	1,46
243	72,75	1,46
244	73,05	1,46
245	73,35	1,44
246	73,65	1,44
247	73,95	1,43
248	74,25	1,41
249	74,55	1,41
250	74,85	1,39
251	75,15	1,38
252	75,45	1,37
253	75,75	1,37
254	76,05	1,34
255	76,35	1,34
256	76,65	1,33
257	76,95	1,33
258	77,25	1,32
259	77,54	1,32
260	77,84	1,31
261	78,14	1,3
262	78,44	1,3
263	78,74	1,29
264	79,04	1,28
265	79,34	1,28
266	79,64	1,26
267	79,94	1,25
268	80,24	1,24
269	80,54	1,23
270	80,84	1,23
271	81,14	1,22
272	81,44	1,21
273	81,74	1,18
274	82,04	1,17
275	82,34	1,16
276	82,63	1,16

277	82,93	1,14
278	83,23	1,12
279	83,53	1,11
280	83,83	1,1
281	84,13	1,1
282	84,43	1,1
283	84,73	1,09
284	85,03	1,09
285	85,33	1,07
286	85,63	1,07
287	85,93	1,07
288	86,23	1,06
289	86,53	1,05
290	86,83	1,04
291	87,13	1,04
292	87,43	0,989
293	87,72	0,968
294	88,02	0,967
295	88,32	0,937
296	88,62	0,897
297	88,92	0,894
298	89,22	0,891
299	89,52	0,881
300	89,82	0,868
301	90,12	0,86
302	90,42	0,852
303	90,72	0,835
304	91,02	0,832
305	91,32	0,83
306	91,62	0,826
307	91,92	0,816
308	92,22	0,812
309	92,51	0,811
310	92,81	0,806
311	93,11	0,799
312	93,41	0,767
313	93,71	0,752
314	94,01	0,73
315	94,31	0,722
316	94,61	0,72

317	94,91	0,679
318	95,21	0,675
319	95,51	0,671
320	95,81	0,67
321	96,11	0,666
322	96,41	0,655
323	96,71	0,65
324	97,01	0,632
325	97,31	0,589
326	97,60	0,566
327	97,90	0,535
328	98,20	0,523
329	98,50	0,505
330	98,80	0,347
331	99,10	0,337
332	99,40	0,298
333	99,70	0,187

Na Figura (133.11) temos o gráfico semi-logaritmo.

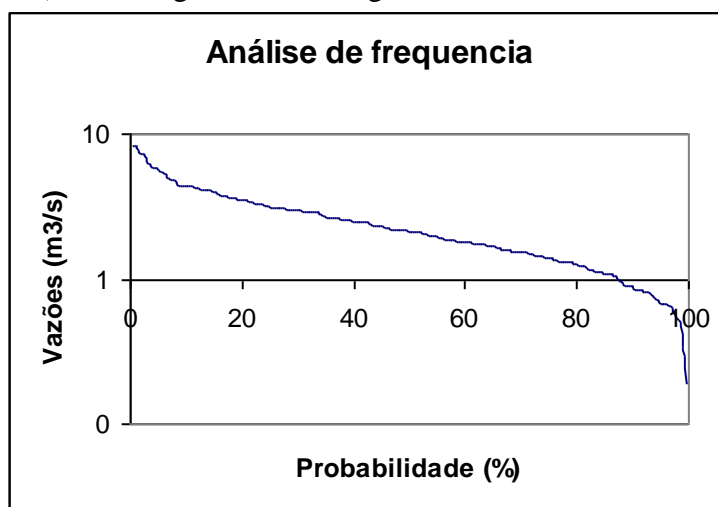


Figura 133.5- Curva de frequência do rio Descoberto, Goiás.

A vazão $Q_{95\%}$ é $0,68\text{m}^3/\text{s}$ o que significa que em 95% do tempo a vazão é maior ou igual a $0,68\text{m}^3/\text{s}$.

Uma estimativa de $Q_{7,10}$ é usando conforme pesquisas feitas em Ontário está entre 98,85% de probabilidade e 99,85%. Entretanto tal pesquisa só vale para Ontário.

No Estado de Virginia, USA o Q_{50} é usado como vazão base e o valor Q_{90}/Q_{50} com índice de variação da vazão base, que vale somente para o Estado de Virginia.

133.4- Bibliografia e livros consultados

-NAGHETTINI, MAURO E ANDRADE PINTO, ÉBER JOSÉ DE. *Hidrologia Estatística*. CPRM (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL). Belo Horizonte, agosto 2007, 600 páginas.

-HELLER, LÉO et al. *Abastecimento de água para consumo humano*. Editora UMFG, 2006, 859 páginas.