

Capítulo 104

Modelo estocástico hidrológico de Thomas-Fiering

Capítulo 104- Modelo estocástico hidrológico para série mensal conforme Thomas-Fiering

104.1 Introdução

Segundo MacMahon, 1978 foi Hazen em 1914 o primeiro a pensar na extensão de dados hidrológicos. Teve a idéia de produzir dados hidrológicos sintéticos para 300anos. Vários outros como Sudler continuaram as idéias de Hazen.

Mas quem deu condições para estabelecer as condições tecnológicas que hoje dispomos foi o matemático Russo chamado Markov (1856-1922) que introduziu o conceito que um determinado dado está ligado a outro dado anterior que pode ser obtido através de tentativas.

104.2 Modelo de Markov

Quando obtemos um dado através do mês anterior ou do ano anterior, dizemos que estamos num caso “simples” ou de “lag 1”.

Esta foi a idéia original de Markov e mais tarde ela foi expandida para lag 2, lag 3 e outros. Fica difícil verificar os gráficos produzidos pelos diversos “lags”.

O modelo de Markov chamado também modelo markoviano teve a representação anual proposta por Brittan, 1961 *in* MacMahon, 1987 na seguinte forma:

$$X_{i+1} = X + r_1 (X_i - X) + t_i \cdot s (1 - r_1^2)^{0,5}$$

Sendo:

X = vazão média anual no ano j

X_{i+1} = vazão média anual no ano $j+1$

X = média anual das vazões históricas

r_1 = coeficiente de autocorrelação de um ano sendo que ϵ o lag 1

s = desvio padrão das vazões anuais

t_i = valor de uma variável normal com média 0 e variância 1. Pode dar valores positivos ou negativos.

t_i = INV.NORM(ALEATORIO();0;1)

NOTA: salientando que usando o Excel a função ALEATORIO () cria probabilidades variando de 0 a 1. A função INV.NORM é baseado na probabilidade do ALEATORIO () que varia de 0 a 1, e que tem média 0 (zero) e no desvio padrão 1 (um) que aparecem na fórmula. O valor de “t” pode ser positivo ou negativo. A função INV.NORM(ALEATORIO();0;1) é chamada em inglês de *Standard normal deviates*.

104.3 Modelos estocásticos

Gupta, 2008 informa que a palavra estocástica na estatística significa um número aleatório, mas em hidrologia significa uma série, uma sequência de dados obtidos randomicamente. Assim podemos obter vazões médias anuais em um rio, vazões mensais, precipitações mensais, evapotranspirações mensais, etc.

O objetivo nosso é obter série estocástica de precipitações mensais para uso no dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva usando o método de Rippl, método da Simulação ou outro método qualquer.

Existem várias maneiras de se fazer estas sequências, mas segundo ASCE, 1996 **não existe um consenso** da escolha do melhor modelo.

McMahon, 1987 adverte que as séries estocásticas não preveem fenômenos catastróficas como enchentes muito grande e secas prolongadas e conforme o mesmo não são previstos Noé e José. Também não é previsto efeitos do El Niño e de mudanças climáticas globais.

104.4 Modelo estocástico de Thomas-Fiering

Conforme Gupta, 2008 para dados mensais usamos modelo de Thomas-Fiering.

$$q_F = Q_F + b_1 \cdot (q_J - Q_J) + t \cdot S_F (1 - r_1^2)^{0,5}$$

Sendo:

q_F = vazão obtida no mês de fevereiro

Q_F = vazão média de todos os meses de fevereiro

b_1 = *slope* da curva no mês de fevereiro para janeiro. Temos que obter fevereiro tendo janeiro como base. É o ângulo da equação linear.

r_1 = correlação entre mês de fevereiro para janeiro. Temos que obter fevereiro tendo janeiro como base.

q_J = vazão mês de janeiro

S_F = desvio padrão mês de todos os meses de fevereiro

Q_J = vazão média de janeiro

t = INV.NORM(ALEATÓRIO();0;1)

NOTA: salientando que usando o Excel a função ALEATORIO () cria probabilidades variando de 0 a 1. A função INV.NORM é baseado na probabilidade do ALEATORIO () que varia de 0 a 1, e que tem média 0 (zero) e no desvio padrão 1 (um) que aparecem na fórmula. O valor de t pode ser positivo ou negativo.

A função INV.NORM(ALEATÓRIO();0;1) é chamada em inglês de *Standard deviates*.

.

São 48 coeficientes:

12 valores médios mensais Q_J , Q_F , etc

12 slopes de regressão b_1, b_2, b_3, \dots

12 coeficiente de correlação r_1, r_2, \dots
12 desvio padrão S_J, S_F, \dots

Começa com o mês de janeiro cujo valor é assumido que seja igual. Para o próximo mês, isto é, fevereiro, é achado o *standard normal deviates* “t” que pode ser positivo ou negativo e achado o valor do mês de fevereiro e assim por diante.

Teremos assim a formação de uma série sintética estocástica. Poderemos ter quantas séries quisermos mudando somente os números aleatórios “t” obtidos com a função `INV.NORM(ALEATÓRIO();0;1)` ou começando os cálculos tudo novamente.

104.5 Modelo estocástico de Thomas-Fiering 1962 conforme ASCE

Conforme ASCE, 1996 para dados mensais usamos modelo de Thomas-Fiering.

$$q_F = Q_F + b_1 \cdot (q_J - Q_J) + W_j \cdot S_F (1 - r_1^2)^{0,5}$$

Sendo:

q_F = vazão obtida no mês de fevereiro. Quando $q_F < 0$ fazemos $q_F = 0$

Q_F = vazão média de todos os meses de fevereiro

$$b_1 = (r_1 \cdot S_F) / S_J$$

slope da curva no mês de fevereiro para janeiro. Temos que obter fevereiro tendo janeiro como base.

r_1 = correlação entre mês de fevereiro para janeiro. Temos que obter fevereiro tendo janeiro como base.

q_J = vazão mês de janeiro

S_F = desvio padrão mês de todos os meses de fevereiro. Use a função do Excel `DESVPAD()`.

Q_J = vazão média de janeiro

t = `INV.NORM(ALEATÓRIO();0;1)`

NOTA: salientando que usando o Excel a função `ALEATORIO()` cria probabilidades variando de 0 a 1. A função `INV.NORM` é baseado na probabilidade do `ALEATORIO()` que varia de 0 a 1, e que tem média 0 (zero) e no desvio padrão 1 (um) que aparecem na fórmula. O valor de t pode ser positivo ou negativo.

g = coeficiente de *skewness* dos dados históricos (coeficiente de distorção). Isto se deve quando há assimetria. Em Excel acha-se o *skew* usando a função `DISTORÇÃO()`.

$$W = (2/g) [1 + g \times t / 6 - g^2 / 36]^3 - 2/g \quad \text{NOTA: observar onde está o valor de “t”}$$

Segundo Salas, 1993 o coeficiente de correlação pode ser obtido pela relação:

$$r_k = C_k / C_0$$

Sendo:

r_k = coeficiente de correlação para lag K

Se lag =1 teremos K=1 e portanto $r_1 = C_1/C_0$

No nosso caso iremos trabalhar sempre com lag 1

$$r_1 = C_1 / C_0$$

$$C_k = \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{t=0}^{n-k} (y(t+k) - \bar{y})(y(t) - \bar{y})$$

$$r(k) = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2}$$

104.6 Aplicação a chuvas médias mensais de Mairiporã, São Paulo

Vamos fazer uma aplicação com dados de chuvas mensais da cidade de Mairiporã localizada na Região Metropolitana de São Paulo. Temos 38 anos de dados e obtivemos a média mensal para achar o volume de reservatório de água de chuva. Na Tabela (104.1) estão as precipitações mensais de 1958 a 1995.

Tabela 104.1- Médias das vazões mensais de 1958 a 1995 (38anos) de Mairiporã São Paulo

Ordem	Ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	Media anual
1	1958	221,1	154,4	112,3	107,7	159	63	45,2	24,7	117,1	188,9	134,9	242,7	1571,0
2	1959	323,8	211,7	217	54,8	24,1	6,9	2,4	70,1	30,9	103,4	170,7	222,2	1438,0
3	1960	212,1	423,5	61,7	165,5	100,4	93,3	5,6	49,9	30,3	194,4	249,6	455,9	2042,2
4	1961	267,2	233,5	133,1	130,1	31,5	35,2	3,3	32,8	3,1	192,7	244,8	287,9	1595,2
5	1962	135,9	258,3	226	42,9	23,3	13,7	47	74,8	55,3	226	84,2	300,9	1488,3
6	1963	205,5	259,4	74,7	36,3	3,4	6,6	2,1	9	11,1	129,7	125,5	124,5	987,8
7	1964	132,5	197,4	43,8	100,1	28,7	37,2	72,2	54,6	149,3	121,9	126,6	241,1	1305,4
8	1965	347,7	166,9	93,8	89,1	72,1	28,4	54	5,5	123,7	226,1	121,4	279,4	1608,1
9	1966	186,9	189,6	258,8	64,8	30,4	6,4	23,4	48,3	103,8	186,6	87,5	402,1	1588,6
10	1967	306,8	129,3	194,8	41,5	54,6	80,3	43,1	6,3	119,6	167,4	200,6	219,4	1563,7
11	1968	191,2	144	110	45,3	68,8	31,6	18	53,5	31,1	118,3	81,1	283,8	1176,7
12	1969	98,5	92,4	98,7	95,7	46,3	38,3	7,9	31,4	69,7	163,1	286,6	82,3	1110,9
13	1970	386,5	413,2	228,9	44,9	77,2	66,2	40,9	101,1	115,7	88,3	84,3	149,8	1797,0
14	1971	136,1	123,4	221,6	73,7	63,7	120,1	41,1	17,6	100,7	200,9	118,2	162,7	1379,8
15	1972	288,4	141,7	79,2	44,2	35,8	8,8	86,1	100,3	77,6	177,5	143,8	91,7	1275,1
16	1973	227,5	176,1	150,8	64,3	55,5	37,6	70,6	26,2	52,4	104,3	247,9	254,3	1467,5
17	1974	288,7	75,6	220	59,7	10,1	134,8	1,3	19,2	42,9	128,2	119	200,1	1299,6
18	1975	153,1	359,6	86,4	33,4	29,8	14,2	67,5	0,2	37,3	176	173,3	256,1	1386,9
19	1976	244,9	377,2	72,5	143,2	157,2	72,7	178,3	149,7	183,5	78,9	207,5	147,8	2013,4
20	1977	380	131,8	161,2	133,9	29,1	41,1	10,8	7,1	158,7	87,3	194,4	231,9	1567,3
21	1978	92,9	132,4	179,1	5,3	92,9	85	103,7	5,8	40,2	93,7	365	185,4	1381,4
22	1979	116,6	188,6	37,3	64,3	126,4	7,1	46,2	74,9	108,1	165,9	207,3	127,1	1269,8

23	1980	255,7	170,9	67	135,7	18,5	60,2	17,1	46,9	50,5	62,3	193	404,5	1482,3
24	1981	276	148,7	99,8	72,2	27,9	17,9	30,6	19,1	11,4	237,9	166,8	211,4	1319,7
25	1982	247,3	231,2	131,2	77,2	55,7	178	49	44,6	11,9	231,6	150,3	399,9	1807,9
26	1983	322,1	172,6	206,2	149,2	199,6	248,2	49,6	16,8	243	143,5	106,7	140,4	1997,9
27	1984	226,2	33	59,5	144,5	109,4	0	8,5	124,7	155,5	21,9	113,5	150	1146,7
28	1985	138,9	200,3	178,3	64,8	96,5	15,6	3,4	26,7	82	91	134,5	103,4	1135,4
29	1986	175,5	225,7	142,6	112,6	123,6	2,7	20,7	112,2	29,4	45,4	122,2	339,5	1452,1
30	1987	519,4	211,9	179,2	61,5	233,9	177,1	17,7	17,1	68,3	93,2	67,4	229,7	1876,4
31	1988	268,7	188,4	242,4	192	198,1	68,8	2,4	1,1	20,4	179,4	110	274,3	1746
32	1989	380,1	315,7	220,1	66,9	56,6	43,5	169,1	36,9	92	43,9	131,9	173,1	1729,8
33	1990	166,1	143,6	240,9	65,8	81,3	26,5	122,2	72,6	80	139,9	117,1	182,9	1438,9
34	1991	316,3	276,4	384,6	122,1	39,5	66,2	23,8	17,1	85,7	188,5	104	209,2	1833,4
35	1992	119,7	99,4	305,8	67	87	10,7	33	20	130,6	167	244,6	185,1	1469,9
36	1993	131,9	220,1	53,6	83,9	107,2	85,8	12,5	33,6	202,7	97,6	75	164,7	1268,6
37	1994	192,1	291,2	190,1	107,3	52,5	43,2	45	0,6	1,2	110,3	139,1	313,6	1486,2
38	1995	197,6	413,2	290,9	103,6	58,3	52,9	91,8	10,6	64,3	241	92,4	217,7	1834,3
	Media =	233,62	208,48	159,3	85,9	75,4	55,94	43,8	41,15	81,34	142,47	153,76	227,59	1508,9
	desvo padrão =S=	95,34	95,31	82,89	41,8	55,7	55,03	43,4	37,47	58,53	58,47	66,32	90,42	265,24

Tabela 104.2- Serié estocastica obtida pelo método de Thomas-Fiering usando a distorção dos dados históricos (skew) conforme ASCE, 1996.

Ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	Media anual
1958	221,1	154,4	112,3	107,7	159	63	45,2	24,7	117,1	188,9	134,9	242,7	1571,0
1959	323,8	211,7	217	54,8	24,1	6,9	2,4	70,1	30,9	103,4	170,7	222,2	1438,0
1960	212,1	423,5	61,7	165,5	100,4	93,3	5,6	49,9	30,3	194,4	249,6	455,9	2042,2
1961	267,2	233,5	133,1	130,1	31,5	35,2	3,3	32,8	3,1	192,7	244,8	287,9	1595,2
1962	135,9	258,3	226	42,9	23,3	13,7	47	74,8	55,3	226	84,2	300,9	1488,3
1963	205,5	259,4	74,7	36,3	3,4	6,6	2,1	9	11,1	129,7	125,5	124,5	987,8
1964	132,5	197,4	43,8	100,1	28,7	37,2	72,2	54,6	149,3	121,9	126,6	241,1	1305,4
1965	347,7	166,9	93,8	89,1	72,1	28,4	54	5,5	123,7	226,1	121,4	279,4	1608,1
1966	186,9	189,6	258,8	64,8	30,4	6,4	23,4	48,3	103,8	186,6	87,5	402,1	1588,6
1967	306,8	129,3	194,8	41,5	54,6	80,3	43,1	6,3	119,6	167,4	200,6	219,4	1563,7
1968	191,2	144	110	45,3	68,8	31,6	18	53,5	31,1	118,3	81,1	283,8	1176,7
1969	98,5	92,4	98,7	95,7	46,3	38,3	7,9	31,4	69,7	163,1	286,6	82,3	1110,9
1970	386,5	413,2	228,9	44,9	77,2	66,2	40,9	101,1	115,7	88,3	84,3	149,8	1797,0
1971	136,1	123,4	221,6	73,7	63,7	120,1	41,1	17,6	100,7	200,9	118,2	162,7	1379,8
1972	288,4	141,7	79,2	44,2	35,8	8,8	86,1	100,3	77,6	177,5	143,8	91,7	1275,1
1973	227,5	176,1	150,8	64,3	55,5	37,6	70,6	26,2	52,4	104,3	247,9	254,3	1467,5
1974	288,7	75,6	220	59,7	10,1	134,8	1,3	19,2	42,9	128,2	119	200,1	1299,6
1975	153,1	359,6	86,4	33,4	29,8	14,2	67,5	0,2	37,3	176	173,3	256,1	1386,9
1976	244,9	377,2	72,5	143,2	157,2	72,7	178,3	149,7	183,5	78,9	207,5	147,8	2013,4
1977	380	131,8	161,2	133,9	29,1	41,1	10,8	7,1	158,7	87,3	194,4	231,9	1567,3
1978	92,9	132,4	179,1	5,3	92,9	85	103,7	5,8	40,2	93,7	365	185,4	1381,4
1979	116,6	188,6	37,3	64,3	126,4	7,1	46,2	74,9	108,1	165,9	207,3	127,1	1269,8
1980	255,7	170,9	67	135,7	18,5	60,2	17,1	46,9	50,5	62,3	193	404,5	1482,3
1981	276	148,7	99,8	72,2	27,9	17,9	30,6	19,1	11,4	237,9	166,8	211,4	1319,7
1982	247,3	231,2	131,2	77,2	55,7	178	49	44,6	11,9	231,6	150,3	399,9	1807,9

Curso de Manejo de águas pluviais
Capítulo 104-Modela estocástico hidrológico de Thomas-Fiering
Engenheiro Plínio Tomaz 07 de dezembro de 2011
site: www.piniotomaz.com.br e-mail pliniotomaz@uol.com.br

1983	322,1	172,6	206,2	149,2	199,6	248,2	49,6	16,8	243	143,5	106,7	140,4	1997,9
1984	226,2	33	59,5	144,5	109,4	0	8,5	124,7	155,5	21,9	113,5	150	1146,7
1985	138,9	200,3	178,3	64,8	96,5	15,6	3,4	26,7	82	91	134,5	103,4	1135,4
1986	175,5	225,7	142,6	112,6	123,6	2,7	20,7	112,2	29,4	45,4	122,2	339,5	1452,1
1987	519,4	211,9	179,2	61,5	233,9	177,1	17,7	17,1	68,3	93,2	67,4	229,7	1876,4
1988	268,7	188,4	242,4	192	198,1	68,8	2,4	1,1	20,4	179,4	110	274,3	1746
1989	380,1	315,7	220,1	66,9	56,6	43,5	169,1	36,9	92	43,9	131,9	173,1	1729,8
1990	166,1	143,6	240,9	65,8	81,3	26,5	122,2	72,6	80	139,9	117,1	182,9	1438,9
1991	316,3	276,4	384,6	122,1	39,5	66,2	23,8	17,1	85,7	188,5	104	209,2	1833,4
1992	119,7	99,4	305,8	67	87	10,7	33	20	130,6	167	244,6	185,1	1469,9
1993	131,9	220,1	53,6	83,9	107,2	85,8	12,5	33,6	202,7	97,6	75	164,7	1268,6
1994	192,1	291,2	190,1	107,3	52,5	43,2	45	0,6	1,2	110,3	139,1	313,6	1486,2
1995	197,6	413,2	290,9	103,6	58,3	52,9	91,8	10,6	64,3	241	92,4	217,7	1834,3
Media	233,62	208,48	159,31	85,97	75,42	55,94	43,87	41,15	81,34	142,47	153,76	227,59	1508,9
Desvio padrão=s=	95,34	95,31	82,89	41,86	55,71	55,03	43,47	37,47	58,53	58,47	66,32	90,42	265,24
Skew=g=	0,76	0,78	0,51	0,56	1,21	1,75	1,60	1,22	0,79	-0,10	1,19	0,71	0,28
Autocorrelação =r=	-0,21371	-	0,217	-	0,26	-	0,090	-	0,11865	0,090	0,07131	-0,0286	
		0,00195	58	0,04493	68	0,03	09	0,35444		52			
Numero aleatorio W	1,55	-0,33	-0,19	-0,06	-1,21	-	0,18	-1,58	-1,12	0,57	-1,59	-2,06	
	1,69	-0,43	-0,27	-0,16	-1,05	0,28	-0,08	-1,21	-1,06	0,58	-1,23	-1,67	W
b1= slope	-0,030	-0,214	-0,002	0,110	-	0,264	-0,020	0,078	-0,554	0,119	0,103	0,097	b1= slope
Estocastica ASCE	75,2	399,6	123,5	71,0	67,7	0,0	24,1	36,5	17,4	73,5	185,2	120,0	1193,5

Tabela 104.9 –Serie estocástica obtida usando Thomas-Fiering conforme ASCE, 1996

Ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	Media anual
1	201,3	202,7	224,2	129,1	311,3	236,8	13,8	13,0	77,0	151,9	171,8	205,3	1938,2
2	153,1	260,7	107,7	138,7	159,6	118,9	35,2	25,2	112,1	107,4	77,8	156,4	1452,9
3	114,7	193,3	144,6	145,5	89,7	106,3	138,2	16,7	105,6	105,5	196,2	271,1	1627,3
4	188,1	252,7	100,9	27,4	29,7	37,7	0,0	0,0	59,0	129,0	232,8	158,1	1215,4
5	271,7	201,4	411,2	164,7	65,3	59,0	60,3	49,4	124,5	121,0	21,0	472,6	2022,1
6	216,0	188,9	87,7	43,6	31,7	13,8	6,3	72,9	102,8	120,3	181,4	222,5	1287,9
7	295,9	204,0	182,0	63,0	37,0	45,4	6,3	57,0	108,7	148,0	82,6	241,9	1471,8
8	314,1	205,7	230,1	213,0	145,4	0,0	106,9	75,8	13,9	111,0	282,0	211,7	1909,6
9	284,2	150,1	220,5	166,4	42,1	48,9	26,7	2,9	124,6	121,6	188,5	351,1	1727,5
10	131,9	237,3	245,4	68,1	28,9	0,0	0,0	0,0	59,4	142,0	76,7	209,0	1198,6
11	300,2	138,5	59,3	53,2	81,0	24,0	2,7	11,3	120,5	148,8	44,1	189,9	1173,4
12	284,5	316,8	30,9	105,8	99,1	81,1	7,6	58,4	80,5	177,9	161,4	163,5	1567,5
13	171,5	481,9	151,1	98,3	97,3	212,5	86,5	30,2	40,4	114,6	42,6	193,0	1719,8
14	321,9	119,9	109,8	73,2	79,6	55,5	20,1	44,7	116,5	139,9	116,3	140,3	1337,6
15	282,9	195,7	108,3	30,5	33,4	59,8	7,7	126,9	172,0	94,9	60,5	278,4	1451,0
16	51,8	176,6	103,6	62,8	124,6	39,2	24,6	12,7	120,2	127,1	145,3	130,7	1119,3
17	167,7	232,5	266,0	62,3	11,7	0,0	24,9	33,1	146,1	112,0	193,4	319,6	1569,2
18	413,5	264,1	58,3	92,0	76,9	84,5	0,0	40,2	22,3	145,2	48,5	169,5	1415,2
19	195,3	155,5	107,6	118,9	0,0	12,0	91,6	22,2	51,7	130,3	39,0	285,0	1209,2

20	243,2	204,2	130,3	90,0	112,8	78,3	237,4	42,9	176,5	113,0	191,5	214,2	1834,4
21	353,8	256,8	208,0	120,5	84,2	130,0	8,7	2,6	92,8	43,7	56,7	189,0	1546,8
22	500,7	238,7	59,8	35,1	100,1	45,8	72,8	31,4	42,2	170,0	205,8	140,0	1642,5
23	358,8	27,4	125,2	44,2	14,8	60,0	25,7	70,6	60,2	79,5	99,5	293,1	1258,8
24	154,7	232,9	138,9	50,0	0,0	118,9	0,0	0,0	71,3	66,9	191,5	306,1	1331,1
25	135,1	187,8	269,2	72,8	103,3	111,4	26,1	32,3	215,7	238,6	127,5	173,5	1693,6
26	149,2	365,8	195,2	62,9	99,7	21,7	47,2	51,3	33,0	137,8	276,0	116,0	1555,7
27	339,3	174,2	51,5	45,4	79,8	103,3	18,4	49,1	2,9	87,1	147,9	240,8	1339,7
28	187,4	107,8	135,5	63,7	0,0	79,5	50,1	7,1	63,3	144,1	136,5	165,7	1140,8
29	125,4	284,4	310,9	139,9	125,1	26,4	13,7	25,7	112,2	52,0	110,5	186,9	1513,1
30	196,6	396,6	119,2	64,1	0,0	20,7	0,0	13,3	116,8	199,2	150,5	380,0	1657,1

104.7 Bibliografia e livros consultados

- ALHASSOUN, SALEH et al. *Stochastic generation of annual and monthly evaporation in Saudi Arabia*. Publicado no Canadian Water Resources Journal no ano de 1997.
- ASCE (AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEER). *Hydrology Handbook*. 2a ed., 1996, 784 páginas.
- BOUGHTON, W.C e MCKERCHAR, A. *Generation syntetic stream-flow records for New Zealand Rivers*. Agricultural Engineering Department no Lincoln College.
- GUPTA, RAM S. *Hydrology and hydraulic systems*. 3a ed. Editora Waveland, 2008, 896 páginas.
- MCMAHON, THOMAS A e MEIN, RUSSEL G. *Reservoir capacity and yield*. Editora Elsevier, 1978 New York, 215 páginas.
- RIGHETTO, ANTONIO MAROZZI. *Hidrologia e recursos hídricos*. EESC-USP, 1ª ed. 1998 São Carlos, 819 páginas.
- SALAS, JOSE D. *Analysis and modeling of hydrologic time series*. Professor do Colorado State University in Maidment, 1993 Handbook of Hydrology,
- SALAS, JOSE D. *Stochastic hydrology*. CE 322 do Colorado State Universtiy.
- WANIELISTA, MARTIN et al. *Hydrology – water quantity and quality control*.1997, 565 páginas, 2a ed.