

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO EM FLORIANÓPOLIS

José Tavares Neves da Silva¹

Marcelo Vieira Nascimento¹

Resumo

Neste trabalho foi calculado para Florianópolis, o balanço hídrico climático pelo método de THORNTHWAITE & MATHER em forma seqüencial de acordo com PASCALE, tendo sido utilizado os dados meteorológicos do período 1911/1986. Foi adotada a capacidade de armazenamento no solo de 125 mm. Com a finalidade de comparação, calculou-se o balanço hídrico médio. Para a região estudada, constatou-se que o balanço hídrico seqüencial mostra particularidades de grande importância quanto ao excesso, evapotranspiração real e deficiência de água no solo que não são mostradas no balanço hídrico médio, o que permite uma análise estatística dos elementos do balanço hídrico.

Introdução

Para estimar meteorologicamente as disponibilidades de água no solo não se pode basear apenas em dados de precipitação pluvial, ou seja, nas quantidades de umidade que recebe da atmosfera

¹Ceógrafos, Mestrandos em Geografia, UFSC.

ra. Torna-se necessário levar também em conta as perdas de água do solo para a atmosfera que se verificam normalmente pela evaporação e transpiração vegetal, o processo denominado evapotranspiração. O cotejo dos dados desses dois processos meteorológicos opostos, de um lado, a precipitação pluvial e, de outro, a evapotranspiração, é que permite através de um sistema de balanço hídrico, estimar com aceitável exatidão os dados sobre as disponibilidades de água no solo para uso das plantas, bem como as deficiências e os excessos de umidade que ocorrem no curso do ano, elementos esses necessários aos estudos agroclimáticos, hidrológicos e outros ligados à economia da água na natureza.

Este trabalho tem por objetivo a obtenção de informações sobre as condições que prevalecem em Florianópolis através da análise seqüencial do balanço hídrico climático. Representa uma contribuição para uma melhor compreensão das condições climáticas locais.

Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados os dados de temperaturas médias mensais bem como os valores mensais de precipitação do período 1911 a 1986, coletados na estação meteorológica de Florianópolis, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia.

No cálculo da evapotranspiração potencial empregou-se a fórmula de THORNTHWAITE (1948), derivada da correlação de dados da evapotranspiração medida em evapotranspirômetros com dados da temperatura média diária e da duração do dia nas várias latitudes.

A equação básica de THORNTHWAITE é:

$$E = 1,6 (10 t/I)^a \quad (1)$$

onde:

E = evapotranspiração potencial mensal não ajustada para
mês de 30 dias e 12 horas diárias de brilho solar;

t = temperatura média mensal do ar;

I = índice calorífico anual correspondente à soma dos índices mensais (i) e definido como:

$$I = \sum_{i=1}^{12} (i) \cdot i = (t/5)^{1,514}$$

a = função cúbica de I, definida como:

$$a = 0,675 \times 10^{-5} I^3 - 0,771 \times 10^{-4} I^2 + 0,1792 \times 10^{-1} I + 0,49239$$

O cálculo do balanço hídrico foi realizado segundo o método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) em forma seriada como proposto por PASCALE (1970): o balanço hídrico é calculado para cada ano individualmente, não o interrompendo no mês de dezembro, mas continuando em janeiro do ano seguinte e assim sucessivamente, para um período bastante longo. Assim, os elementos mensais do balanço hídrico para cada ano permitem o cálculo da frequência e intensidade de suas ocorrências.

A capacidade máxima de retenção de água disponível adotada foi 125 mm, independente do tipo de solo. A evapotranspiração potencial para todos os meses dos anos considerados foi calculada através de um programa de computador escrito em linguagem FORTRAN, juntamente com o processamento do balanço hídrico.

Com o objetivo de comparação, calculou-se o balanço hídrico médio, com os valores médios de temperatura e precipitação do período considerado.

Resultados e Discussão

No balanço hídrico médio de Florianópolis, para o período 1911-1986, não ocorreram deficiências hídricas. Sem exceção, to-

dos os meses apresentam excessos de água, sendo que os maiores valores se concentram nos meses de março, setembro e outubro e o menor em dezembro, como pode ser visto na figura 1.

Na análise do processamento do balanço hídrico seriado, observa-se que em quase todos os anos, num ou noutro mês, a evapotranspiração potencial superou a precipitação e a evapotranspiração real, produzindo assim, deficiências hídricas no solo, como também, em outros meses, ocorreram excessos maiores em relação aos valores médios. A figura 2 apresenta uma pequena representação do balanço hídrico seqüencial, a qual mostra claramente as variações de umidade do solo, peculiaridades estas não mostradas pelo balanço hídrico médio.

O balanço hídrico médio mostra um excedente de 551 mm distribuídos em todos os meses. No balanço hídrico seqüencial, em 36 (53%) dos 68 anos analisados ocorreram excedentes abaixo do valor médio e 32 (47%) ocorreram excessos acima.

Os anos de 1919, 1926, 1957 e 1983 se destacam como de grandes excessos, ultrapassando aos 1.000 mm. Os maiores excessos hídricos mensais ocorreram em agosto de 1919 (145,9 mm) e em julho de 1983 (178,6 mm). O menor excedente hídrico anual ocorreu em 1965 com 64,5 mm e o maior em 1983 com 1.619,1 mm.

Pelo quadro 1, observa-se que o outono é a estação que apresenta os maiores valores de excesso hídrico (abril), seguido da primavera (outubro e novembro). Nos 68 anos analisados, ocorreram excessos em 28 anos de outono (41,17%), 16 anos na primavera (23,53%), 13 anos no inverno (19,12%) e 11 anos no verão (16,18%).

Com relação às deficiências, os maiores valores são encontrados no verão (dezembro e janeiro) e outono (abril). Analisando a freqüência de ocorrência, 54% das deficiências ocorrem no verão enquanto que no outono é de 21%. As maiores deficiências hídricas ocorreram em fevereiro de 1964 com 146,4 mm e março de 1953 com 106,0 mm. Dos 68 anos utilizados no balanço hídrico somente 6 não apresentaram deficiências, o que permite concluir que há 91% de chance de ocorrerem deficiências em qualquer ano.

Todas as deficiências, equilíbrio e excessos hídricos para a capacidade de armazenamento de água no solo de 125 mm em Florianópolis estão apresentados no quadro 2. Na figura 3 é mostrado o histograma das condições hídricas de Florianópolis construído com base nos dados do quadro 2. A figura 4 mostra a variação dos excessos e deficiências anuais.

O quadro 3 apresenta a frequência percentual para diversos intervalos de excessos e deficiências hídricas mensais durante o período considerado. Uma simples visualização do mesmo dá uma idéia clara da frequência e intensidade de deficiências e excessos de água nos distintos meses. Os maiores valores de excesso ocorrem no intervalo 1-50 mm, sendo o mês de outubro o que apresenta a maior frequência nesse intervalo com 33,8%. Para valores acima de 350 mm, ocorre duas vezes, em julho e agosto, uma vez em 68 anos analisados.

Os valores correspondentes ao intervalo 0 mm no quadro 4, referem-se à percentagem de anos que apresentaram meses coincidentes idênticos com mm de excessos e deficiências ao mesmo tempo, considerando-se assim como um nível de equilíbrio.

Para as frequências de deficiências hídricas constantes no quadro 4, observa-se que os maiores valores ocorrem no intervalo 1-10 mm, sendo os meses de junho e dezembro os que apresentam o máximo desse intervalo com 17,7%. Valores acima de 51 mm ocorrem nos meses de janeiro, fevereiro e março.

Com relação à evapotranspiração potencial, os maiores valores ocorrem na primavera (outubro e novembro) e no verão (dezembro e janeiro). Raramente a evapotranspiração potencial anual atinge os 1.000 mm, sendo o valor máximo encontrado no ano de 1977 com 1.022 mm.

O processamento do balanço hídrico médio permitiu o cálculo de alguns índices que possibilitam a classificação climática segundo THORNTHWAITE:

IM - índice de umidade efetiva	57,0%
IA - índice de aridez	0
IH - índice de umidade	57,3%

ET - eficiência térmica anual 963,3 mm
 CETV - concentração da eficiência termal no
 verão 37,8%

Os valores encontrados para esses índices, levam à seguinte classificação:

- clima úmido segundo (B_2)
- mesotérmico terceiro (B'_3)
- sem ocorrência de déficits (r_1)
- com baixa concentração estival (a')

Portanto, segundo THORNTHWAITE, a fórmula climática para a região de Florianópolis será:

$$B_2 B'_3 r_1 a'$$

Conclusões

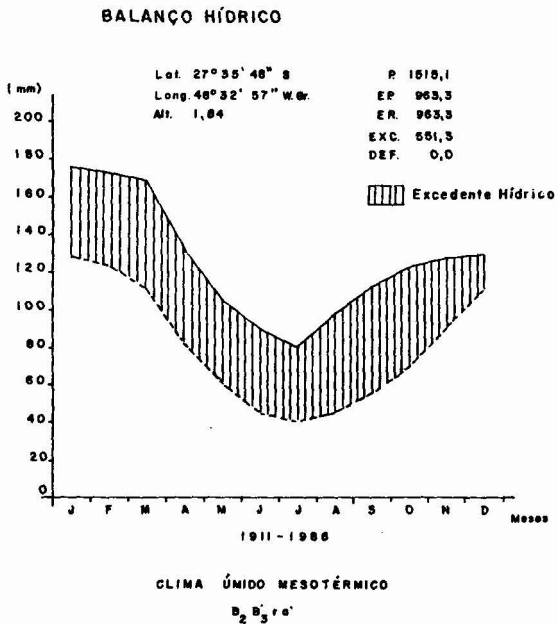
O balanço hídrico médio mostrou que não ocorrem deficiências hídricas em Florianópolis. Porém, o balanço hídrico seqüencial mostrou que pode ocorrer deficiências em qualquer mês do ano o que mostra que o balanço hídrico médio não representa a realidade da flutuação da água no solo.

A análise do processamento do balanço hídrico seqüencial permite a estimativa do conteúdo de água no solo, as deficiências e os excessos de água bem como o conhecimento, a nível mensal, da relação entre as necessidades e disponibilidades, elementos esses que poderão ser correlacionados com as necessidades de várias culturas.

Podem-se considerar a fórmula de THORNTHWAITE como ideal para fins de cálculo da evapotranspiração potencial, visto que a temperatura média é elemento climático normalmente disponível.

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO BALANÇO
HÍDRICO DO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS,
Segundo C.W. Thornthwaite e J.R. Mather - 1955

Figura: 1

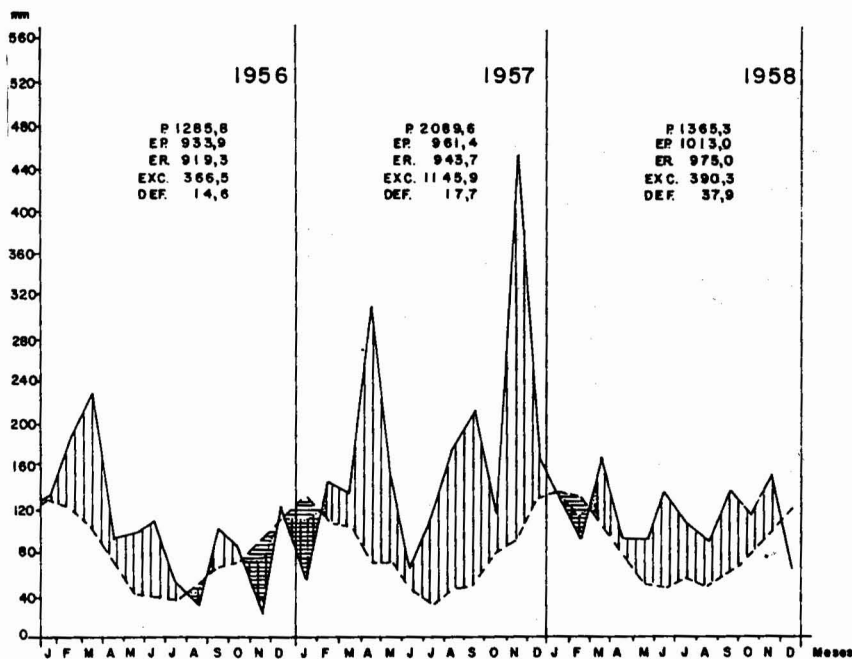


Elaborado e Organizado — José Tavares de Silve
— Marcelo V. Nascimento

ABRIL/87

Contribuição ao Estudo do Balanço Hídrico do Município de Florianópolis
Segundo C.W.Thorthwaite e J.R. Mather
(1955)

Figura: 2
GRÁFICOS DO BALANÇO HÍDRICO



Legenda

- Precipitação (P)
- - - Evapotranspiração Potencial (EP)
- Evapotranspiração Real (ER)
- ▨ Excedente Hídrico (EXC)
- ▩ Deficiência Hídrica (DEF)
- ▧ Reposição de Água no Solo
- ▦ Retirada de Água no Solo

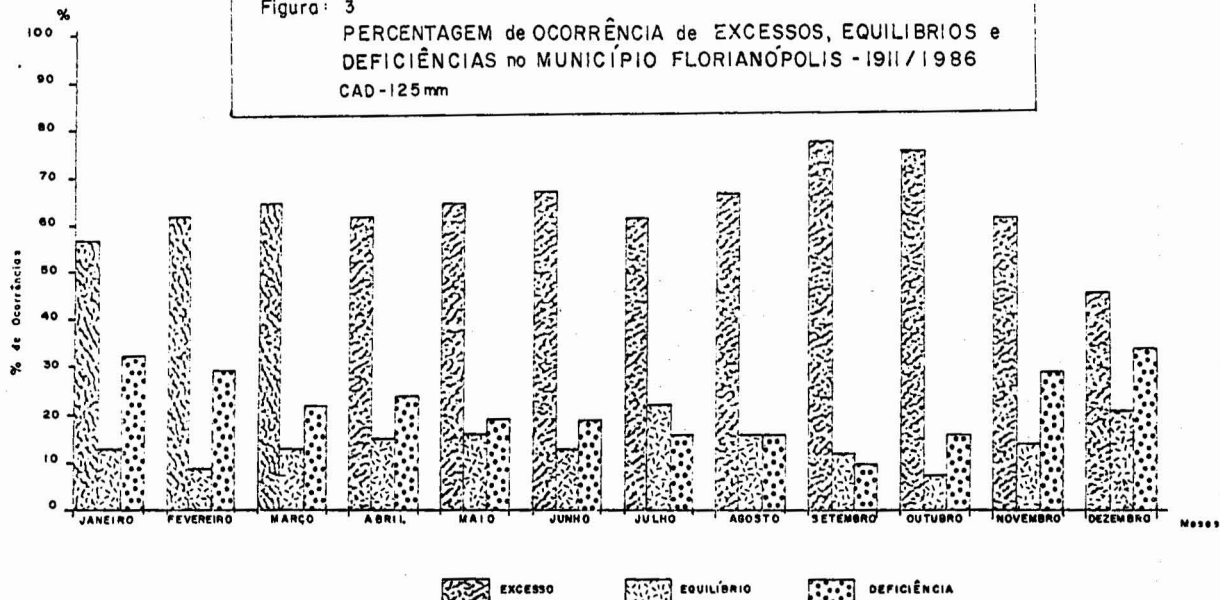
CAD - Capacidade de Campo 125mm

Elaborado e Organizado: José T. da Silva
Marcelo V. Nascimento

Contribuição ao Estudo do Balanço Hídrico do Município de Florianópolis
Segundo C.W.Thorthwaite e J.R.Mather
(1955)

Figura: 3

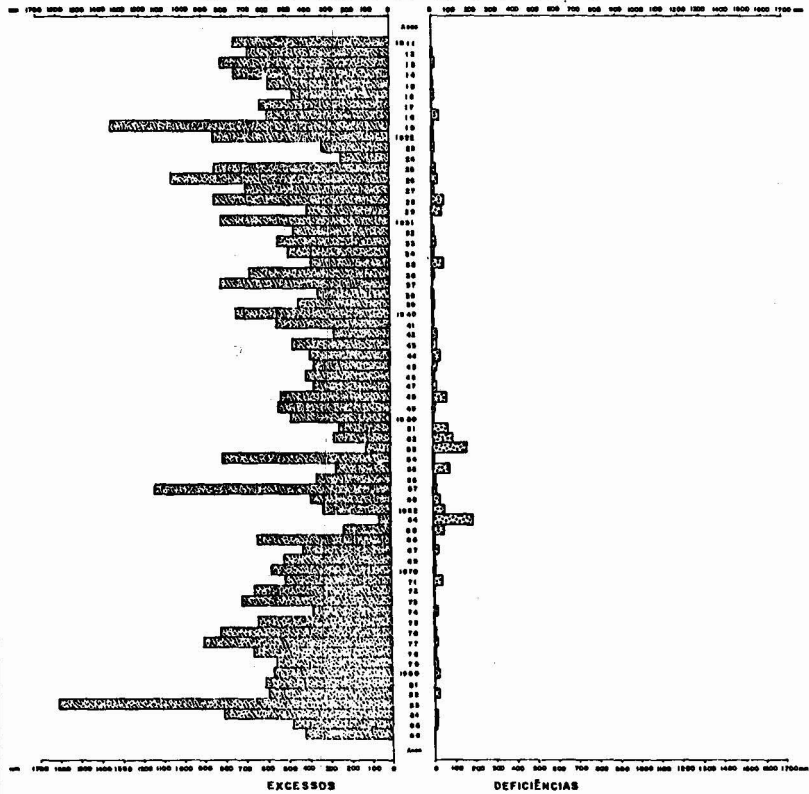
PERCENTAGEM de OCORRÊNCIA de EXCESSOS, EQUILÍBRIOS e DEFICIÊNCIAS no MUNICÍPIO FLORIANÓPOLIS - 1911/1986
CAD - 125 mm



Contribuição ao Estudo da Balança Hídrica do Município
de Florianópolis
Segundo C.W. Thornthwaite e J.R. Mather - (1955)

Figura 4

EXCESSOS e DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS(mm) 1961-1986



Elaborado e Organizado: José T. de Brito
Departamento de Recursos

ABRIL/87

QUADRO 1 - EXCESSOS E DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS (mm) EM FLORIANÓPOLIS.
CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO = 125 mm.

Continuação

ANOS	M E S E S												E S T A C I O N A L									
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	VER	OUT	INW	PREM	ANUAL	YEAR	OUT	INW	DEFICIÊNCIAS	ANUAL
1956	0,0	32,7	132,2	19,4	56,9	71,2	17,1	0,0	32,1	4,9	-18,2	0,0	32,7	208,5	88,3	37,0	366,5	0,0	0,0	0,0	-18,2	-14,5
1957	-17,7	0,0	2,8	234,6	711,6	181,6	76,2	135,3	161,6	41,1	363,0	39,2	39,2	311,0	230,1	565,7	1146,0	-17,7	0,0	0,0	0,0	-17,7
1958	-5,0	-20,9	0,0	6,8	36,7	83,3	49,1	44,0	76,0	42,4	51,8	-12,0	0,0	83,5	176,4	170,2	390,3	-37,9	0,0	0,0	0,0	-37,9
1959	-31,2	-65,5	131,6	-0,5	0,8	-0,6	51,4	80,6	54,6	-0,6	-11,4	-29,4	7,9	185,4	132,0	24,5	329,5	-140,3	-0,1	-0,1	-0,1	-12,0
1960	-14,8	-26,7	0,0	-2,5	0,0	-5,9	0,0	60,9	49,0	-3,0	126,6	0,0	0,0	0,0	60,9	175,7	256,6	-81,5	-2,5	-5,9	-3,0	-52,9
1965	2,3	190,4	10,2	169,7	21,1	45,0	-1,1	16,4	5,9	83,1	-3,1	102,2	294,9	201,0	61,4	89,0	646,3	0,0	0,0	-1,1	-1,1	-4,2
1966	90,6	63,0	-2,5	-3,7	-16,4	116,8	49,5	0,0	138,9	31,3	43,6	0,0	149,4	0,0	66,3	214,0	439,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-23,8
1967	75,4	111,5	88,5	6,0	26,4	83,9	39,8	88,6	20,9	7,5	120,0	11,8	184,7	114,7	231,9	353,0	514,1	42,7	0,0	0,0	0,0	0,0
1970	75,4	111,5	88,5	6,0	26,4	83,9	39,8	88,6	20,9	7,5	120,0	11,8	184,7	114,7	231,9	353,0	514,1	42,7	0,0	0,0	0,0	0,0
1971	-4,1	0,0	0,0	173,9	0,0	3,0	-7,0	13,2	49,8	190,9	43,5	26,2	266,5	5,0	293,9	137,9	682,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,0
1972	39,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1973	-4,4	59,4	160,4	-8,5	0,0	56,4	24,0	168,5	64,3	10,6	30,5	24,2	32,2	160,4	110,4	35,1	379,9	-1,0	-0,3	0,0	0,0	-19,5
1974	75,1	24,4	78,7	0,0	20,0	22,9	4,2	59,5	152,7	64,5	87,3	66,1	145,6	88,4	88,4	314,3	635,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1975	75,1	24,4	78,7	0,0	20,0	22,9	4,2	59,5	152,7	64,5	87,3	66,1	145,6	88,4	88,4	314,3	635,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1976	30,4	24,3	40,6	-10,6	205,0	64,1	54,5	75,1	36,2	111,3	137,0	204,7	293,6	195,7	195,7	379,2	832,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-10,6
1977	30,4	24,3	40,6	-10,6	205,0	64,1	54,5	75,1	36,2	111,3	137,0	204,7	293,6	195,7	195,7	379,2	832,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-10,6
1978	29,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1979	-17,8	0,0	40,9	38,2	47,9	2,8	13,7	17,2	69,8	160,5	58,7	0,0	203,4	324,4	59,9	100,0	637,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-17,8
1980	149,2	58,5	156,4	36,2	-123,9	0,0	64,2	73,0	65,4	175,3	-0,6	76,6	295,3	0,0	137,2	137,2	370,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1981	149,2	58,5	156,4	36,2	-123,9	0,0	64,2	73,0	65,4	175,3	-0,6	76,6	295,3	0,0	137,2	137,2	370,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1982	-4,4	19,0	356,7	31,9	82,5	63,3	-1,3	0,0	-13,2	21,0	93,1	5,0	19,0	401,1	63,3	114,1	597,5	9,4	0,0	0,0	-1,3	-24,9
1983	139,2	107,0	48,1	58,6	142,9	164,5	874,6	53,4	102,0	-1,6	63,9	241,0	487,2	289,6	676,3	144,1	1619,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,6
1984	102,4	-17,0	0,0	20,5	26,4	59,0	50,9	233,4	104,3	10,9	197,7	35,7	128,1	869,9	339,6	294,9	813,5	-17,0	-1,2	0,0	0,0	-17,0
1985	9,1	45,8	143,0	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	200,4	127,8	0,0	0,0	441,4	-19,5	0,0	0,0	0,0	-19,5
1986	9,1	45,8	143,0	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	200,4	127,8	0,0	0,0	441,4	-19,5	0,0	0,0	0,0	-19,5

QUADRO 2 - FREQUÊNCIA DE EXCESSOS, EQUILÍBRIO E DEFICIÊNCIAS EM FLORIANÓPOLIS
PARA UMA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO IGUAL A 125 mm.

ELEMENTOS	M E S E S											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
EXCESSOS	39	42	44	42	44	46	42	46	53	52	42	31
EQUILÍBRIO	7	7	11	11	11	9	15	11	8	5	6	14
DEFICIÊNCIAS	22	19	13	15	13	13	11	11	7	11	20	23

QUADRO 3 - FREQUÊNCIA PERCENTUAL DE EXCESSOS E DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS
PARA DIVERSOS INTERVALOS.

INTERVALOS (mm)	M E S E S												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
EXCESSOS	350	0	0	0	0	0	1,5	1,5	0	0	1,5	0	
	301-350	0	1,5	2,9	2,9	0	0	0	0	0	0	0	
	251-300	0	0	2,9	0	0	0	0	0	0	1,5	0	
	201-250	4,4	2,9	0	5,9	2,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
	151-200	2,9	4,4	5,9	2,9	2,9	0	0	7,3	7,3	5,9	2,9	
	101-150	13,2	8,8	8,8	7,3	11,7	10,4	5,9	10,4	7,3	11,7	5,9	2,9
	51-100	16,2	22,0	17,7	13,3	16,2	27,8	20,5	14,6	29,5	23,5	17,7	22,0
	1-50	20,6	22,0	26,5	29,5	30,9	27,8	32,3	32,3	32,3	33,8	20,9	16,2
0	10,4	10,4	16,2	16,2	16,2	13,3	22,1	16,2	11,7	7,3	8,8	20,5	
DEFICIÊNCIAS	1-10	14,7	10,4	11,7	16,2	13,3	17,7	16,2	13,3	8,8	13,3	23,5	17,7
	11-20	13,2	5,9	2,9	2,9	5,9	0	0	1,5	1,5	2,9	5,9	10,4
	21-30	2,9	7,3	1,5	0	0	1,5	0	1,5	0	0	0	1,5
	31-40	0	1,5	1,5	2,9	0	0	0	0	0	0	0	4,4
	41-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	51	1,5	2,9	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Referências Bibliográficas

- ALTROFF, D.A. Balanço hídrico seriado de Santa Catarina. Boletim técnico nº 7. EMPASC, Florianópolis, 1983.
- BURIOL, G.A.; FONTANA, G. & FERREIRA, M. Utilização dos elementos do balanço hídrico seriado para estudos agroclimáticos. Revista do Centro de Ciências Rurais, 6(1):73-92. Santa Maria, 1976.
- ORSELLI, L. Proposta de classificação climática aplicada ao Estado de Santa Catarina. USP. Tese de Doutorado. São Paulo, 1983.
- PASCALE, A.J. Methods of computing the water balance. In: Agricultural Meteorology. Genove, World Meteorological Organization, nº 310, 1970, pp.323-334.
- SILVA, J.T.N. et alii. Estimativa da evapotranspiração potencial segundo o método de Turc e uma análise comparativa desse método com os métodos de Penman e Thornthwaite para o Estado de Santa Catarina. No prelo, a ser publicado na Revista GEOSUL.
- THORNTHWAITTE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geog. Rev., vol. 38, 1948, pp.55-94.
- THORNTHWAITTE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology, vol. 8, nº 1. Centerton, New Jersey, 1955.