

## MÓDULO C - RESPOSTAS

MC.01.  $Q = 53,19 \text{ m}^3/\text{s}$

MC.02.  $Q = 30 \cdot \frac{h}{t}$

VAZÃO (m³/s)					
CIDADE	15	30	60	120	240
PARANAGUÁ	88,0	61,0	43,0	29,0	19,5
CURITIBA	88,0	63,0	42,5	23,3	11,9
PTA GROSSA	76,0	61,0	35,5	19,5	14,8
SÃO PAULO	82,0	52,0	27,0	14,8	7,8

MC.03.  $Q = 2,00 \text{ m}^3/\text{s}$

MC.04.  $Q = 45,00 \text{ m}^3/\text{s}$

MC.05.

CIDADE	h <sub>30</sub> (mm) (Tr = 35 anos)	h <sub>20</sub> (mm)	i (mm/h)	VAZÃO (m³/s)
A	93	79,5	238,5	1,99
B	83	70,9	212,7	1,77
C	82	70,0	210,0	1,75

MC.06.  $Q = 16,49 \text{ m}^3/\text{s}$

MC.07. A principal limitação no uso do método racional é o tamanho da bacia de drenagem que não deve ser superior a 5 km². No método, os valores de **c** (coeficiente de escoamento superficial) e **i** (intensidade de chuva) são tidos como uniformes sobre toda a bacia, o que não corresponde com a realidade. No entanto, para pequenas bacias, pode ser uma ferramenta muito útil para estudos de sensibilidade.

MC.08. Fazendo-se análise de sensibilidade com valores de **t<sub>c</sub>** (tempo de concentração) entre 10 e 120 minutos e adotando-se **A** = 5 km² e **c** = 0,30, valores razoáveis para a vazão estão na faixa entre 15 e 60 m³/s.

MC.09. Por exemplo: cidade de **Santos**, adotando-se **A** = 4 km² e **c** = 0,45:

VAZÃO (m³/s)				
T <sub>R</sub>	Duração da chuva			
	15	30	60	120
10	78,0	63,0	47,5	29,8
25	90,0	83,0	64,5	39,8
50	116,0	101,0	81,0	50,0

MC.10.

Td (min)	Q (m³/s)
15	2f
30	g
60	0,5h

MC.11.  $Q_{UNIT} = 1,37 Q_{SUPER}$

DIA	HORA	Q <sub>TOTAL</sub>	Q <sub>SUB</sub>	Q <sub>SUPER</sub>	Q <sub>UNIT</sub>
10	0	11,1	11,1	0	0
	6	17,2	11,0	6,2	8,5
	12	28,0	10,0	18,0	24,7
	18	42,0	10,6	31,4	43,1
11	0	57,0	11,0	46,0	63,1
	6	64,5	11,3	53,2	73,0

12	12	53,0	11,6	41,4	56,8
	18	48,6	12,0	36,6	50,2
	0	44,4	12,4	32,0	43,9
	6	35,5	12,7	22,8	31,3
13	12	29,9	13,0	16,9	23,2
	18	27,8	13,4	14,4	19,8
	0	26,2	13,8	12,4	17,0
	6	23,2	14,1	9,1	12,5
14	12	20,5	14,4	6,1	8,4
	18	19,2	14,8	4,4	6,0
	0	18,3	15,2	3,1	4,3
	6	17,5	15,5	2,0	2,7
15	12	16,8	15,8	1,0	1,4
	18	16,2	16,2	0	0

MC.12. a)  $A = 976 \text{ km}^2$   
b)  $Q_{UNIT} = 0,5 Q_{SUPER}$

DIA	Q <sub>TOTAL</sub>	Q <sub>SUB</sub>	Q <sub>SUPER</sub>	Q <sub>UNIT</sub>
4	11	11	0	0
5	30	10	20	10
6	59	9	50	25
7	68	8	60	30
8	55	11	44	22
9	34	14	20	10
10	25	13	12	6
11	20	12	8	4
12	17	11	6	3
13	14	10	4	2
14	11	9	2	1
15	8	8	0	0

MC.13. a) PEFET = 25 mm  
b)  $Q_{UNIT} = 0,4 Q_{SUPER}$

DIA	HORA	Q <sub>TOTAL</sub>	Q <sub>SUB</sub>	Q <sub>SUPER</sub>	Q <sub>UNIT</sub>
5	0	60	60	0	0
	6	210	60	150	60
	12	360	60	300	120
	18	510	60	450	180
6	0	660	60	600	240
	6	610	60	550	220
	12	560	60	500	200
	18	510	60	450	180
7	0	460	60	400	160
	6	410	60	350	140
	12	360	60	300	120
	18	310	60	250	100
8	0	260	60	200	80
	6	210	60	150	60
	12	160	60	100	40
	18	110	60	50	20
9	0	60	60	0	0

MC.14.  $Q_{SUPER} = 0,987 Q_{UNIT}$

DIA	HORA	Q <sub>UNIT</sub>	Q <sub>SUPER</sub>
1	0	ZERO	0
	6	17	16,8
	12	47,5	46,9
	18	86,5	85,4
2	0	127	125,3
	6	147	145,1
	12	114	112,5
	18	101	99,7
3	0	88	86,9
	6	63	62,2
	12	46	45,4
	18	39,5	39,0
4	0	34	33,6
	6	25	24,7
	12	17	16,8
	18	12	11,8
5	0	8	7,9
	6	5,5	5,4
	12	2,5	2,4

18	ZERO	0
----	------	---

MC.15.  $A = \frac{24750}{\bar{P}}$  (P em mm e A em km<sup>2</sup>)

MC.16.

HORA	Q <sub>UNIT</sub>	1ª. CHUVA	2ª. CHUVA	Q <sub>SUPER</sub> TOT AL
0	0	0		0
6	12	6		6
12	24	12		12
18	36	18	0	18
24	30	15	18	33
30	24	12	36	48
36	18	9	54	63
42	12	6	45	51
48	6	3	36	39
54	0	0	27	27
			18	18
			9	9
			0	0

MC.17.

HORA	Q <sub>UNIT</sub>	1ª. CHUVA	2ª. CHUVA	3ª. CHUVA	Q <sub>SUPER</sub> TOT AL
0	0	0			0
12 h	15	15	0		15
0	30	30	15	0	45
12 h	25	25	30	15	70
0	20	20	25	30	75
12 h	15	15	20	25	60
0	10	10	15	20	45
12 h	5	5	10	15	30
0	0	0	5	10	15
		0	5	5	5
			0	0	0

MC.18.

HORA	Q <sub>UNIT</sub>	1ª. CHUVA	2ª. CHUVA	3ª. CHUVA	Q <sub>SUPER</sub> TOT AL
0	zero	zero			0
6	60	90			90
12	120	180	zero		180
18	180	270	120		390
0	240	360	240	zero	600
6	220	330	360	90	780
12	200	300	480	180	960
18	180	270	440	270	980
0	160	240	400	360	1000
6	140	210	360	330	900
12	120	180	320	300	800
18	100	150	280	270	700
0	80	120	240	240	600
6	60	90	200	210	500
12	40	60	160	180	400
18	20	30	120	150	300
0	zero	0	80	120	200
			40	90	130
			0	60	60
				30	30
				0	0

MC.19.

HORA	Q <sub>UNIT</sub>	1ª. CHUVA	2ª. CHUVA	3ª. CHUVA	Q <sub>SUPER</sub> TOT AL
0	zero	zero			0
6	150	225			225
12	300	450			450
18	450	675			675
0	600	900			900

6	550	825			825
12	500	750	zero		750
18	450	675	300	zero	975
0	400	600	600	112,5	1312,5
6	350	525	900	337,5	1762,5
12	300	450	1200	562,5	2212,5
18	250	375	1100	787,5	2262,5
0	200	300	1000	862,5	2162,5
6	150	225	900	787,5	1912,5
12	100	150	800	712,5	1662,5
18	50	75	700	637,5	1412,5
0	zero	zero	600	562,5	1162,5
			500	487,5	987,5
			400	412,5	812,5
			300	337,5	637,5
			200	262,5	462,5
			100	187,5	287,5
			zero	112,5	112,5
				37,5	37,5
				zero	zero

MC.20.  $Q_{SUPER} = 0,875 Q_{UNIT}$

HORA	Q <sub>UNIT</sub>	1ª. CHUVA	2ª. CHUVA	Q <sub>SUPER</sub> TOT AL
0	zero	0		0
0h30'	2,22	1,94	0	1,94
1 h	4,44	3,89	1,94	5,83
1h30'	3,89	3,40	3,89	7,29
2 h	3,33	2,91	3,40	6,31
2h30'	2,78	2,43	2,91	5,34
3 h	2,22	1,94	2,43	4,37
3h30'	1,67	1,46	1,94	3,40
4 h	1,11	0,97	1,46	2,43
4h30'	0,56	0,49	0,97	1,46
5 h	zero	0	0,49	0,49
			0	0

MC.21.  $Q_{SUPER} = 0,758 Q_{UNIT}$

HORA	Q <sub>UNIT</sub>	1ª. CHUVA	2ª. CHUVA	3ª. CHUVA	Q <sub>SUPER</sub> TOT AL
0	0	0			0
0h30'	2	1,52	0		1,52
1 h	4	3,03	1,52	0	4,55
1h30'	3,5	2,65	3,03	1,52	7,20
2 h	3	2,27	2,65	3,03	7,95
2h30'	2,5	1,90	2,27	2,65	6,82
3 h	2	1,52	1,90	2,27	5,69
3h30'	1,5	1,14	1,52	1,90	4,56
4 h	1	0,76	1,14	1,52	3,42
4h30'	0,5	0,38	0,76	1,14	2,28
5 h	0	0	0,38	0,76	1,14
			0	0,38	0,38
				0	0

MC.22. a) Hidrograma unitário válido para chuvas de 2 horas de duração:

t	Q <sub>UNI</sub>	1ª. CHUVA	2ª. CHUVA	Q <sub>SUPER</sub>
0	0	0		0
1	4	2	0	2
2	8	4	2	6
3	12	6	4	10
4	10	5	6	11
5	8	4	5	9
6	6	3	4	7
7	4	2	3	5
8	2	1	2	3
9	0	0	1	1
			0	0

b) Hidrograma unitário válido para chuvas de 4 horas de duração:

t	Q <sub>UNI</sub>	1ª. CHUVA	2ª. CHUVA	3ª. CHUVA	4ª. CHUVA	Q <sub>SUPER</sub>
0	0	0				0
1	4	1	0			1
2	8	2	1	0		3
3	12	3	2	1	0	6

4	10	2,5	3	2	1	8,5
5	8	2	2,5	3	2	9,5
6	6	1,5	2	2,5	3	9
7	4	1	1,5	2	2,5	7
8	2	0,5	1	1,5	2	5
9	0	0	0,5	1	1,5	3
			0	0,5	1	1,5
				0	0,5	0,5
					0	0

c)  $A = 19,4 \text{ km}^2$

**MC.23.**  $Q_{u0} = 0$   
 $Q_{u6} = 2,5$   
 $Q_{u12} = 7,5$   
 $Q_{u18} = 17,5$   
 $Q_{u24} = 2,5$   
 $Q_{u30} = 0$   
 $Q_{u36} = 0$

**MC.24.**

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$Q_{UNI}$	0	2,5	5	7,5	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

**MC.25.** a) Conservador:  $Q_{\text{máx}} = 28,7 \text{ m}^3/\text{s}$   
b) Arrojado:  $Q_{\text{mín}} = 19,0 \text{ m}^3/\text{s}$   
c)  $\frac{\Delta Q}{Q} = -34\%$

**MC.26.** Conservador:  $Q_{\text{máx}} = 0,383 \frac{k_2}{k_1}$   
Arrojado:  $Q_{\text{máx}} = 0,255 \frac{k_2}{k_1}$   
 $\frac{Q_{\text{máx}}}{Q_{\text{mín}}} = 15$

**MC.27.**

t	H.U.	1ª. CHUVA	2ª. CHUVA	3ª. CHUVA	4ª. CHUVA	$Q_{\text{TOTAL}}$
0	0	0				0
1h30'	5	2,5	0			2,5
3h	12	6	7,5	0		13,5
4h30'	22	11	18	0	0	29
6h	36	18,2	33	0	5	56,2
7h30'	52	26	54,8	0	12	92,8
9h	58,7	29,4	78	0	22	129,4
10h30'	55	27,5	88,1	0	36	151,6
12h	49,7	24,9	82,5	0	52	159,4
13h30'	44,1	22,1	74,6	0	58,7	155,4
15h	38,3	19,1	66,1	0	55	140,2

Duração do escoamento superficial = 37,5 horas

**MC.28.**  $Q = 5137 \text{ m}^3/\text{s}$  (centenal)

**MC.29.**  $Q = 26194 \text{ m}^3/\text{s}$  (decamilenar)

**MC.30.** Distribuição de Gumbel:

- a) 6,5801 cm  
b) 11,5277 cm  
c) 16,3854 cm  
d) 4,9476 cm  
e) 4,8577 cm

**MC.31.** c)

Q	496	662	326	612
---	-----	-----	-----	-----

Tr	100	100	10	500
----	-----	-----	----	-----

**MC.32.**  $Q_{100} = 1905 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Q_{1000} = 2501 \text{ m}^3/\text{s}$

**MC.33.**  $Q = 873,1 \text{ m}^3/\text{s}$  (decamilenar)

**MC.34.**  $x > 516$

**MC.35.**  $\Delta Q (\%) = 26\%$

**MC.36.**  $Q_{10} = 4590 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Q_{100} = 7972 \text{ m}^3/\text{s}$

**MC.37.** c)  $Q_{10} = 5128 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 7419 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Q_{1000} = 9668 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{10000} = 11914 \text{ m}^3/\text{s}$   
d)  $Q_{10} = 6439 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 10029 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Q_{1000} = 13553 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{10000} = 17073 \text{ m}^3/\text{s}$   
e) Ver notas de aula.

**MC.38.**  $Q_{10} = 1850 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Q_{100} = 2734,4 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Q_{1000} = 3618,8 \text{ m}^3/\text{s}$

**MC.39.**

a) Analiticamente:  
 $Q_{10} = 3305 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 5137 \text{ m}^3/\text{s}$

b) Tabela de Reid:  
 $Q_{10} = 3541 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 5653 \text{ m}^3/\text{s}$

**MC.40.**  $Tr_{(900)} = 1,22 \text{ anos}$   
 $Tr_{(1500)} = 5,50 \text{ anos}$

**MC.41.**

T (anos)	10	100	1000
Q (m³/s)	2305	4137	5936

**MC.42.** c)  $Q_{10} = 1709 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 2471 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Q_{1000} = 3219 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{10000} = 3966 \text{ m}^3/\text{s}$

**MC.43.** c)  $Q_{10} = 5128 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 7420 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Q_{1000} = 9670 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{10000} = 11917 \text{ m}^3/\text{s}$   
d.1)  $Q_{10} = 6440 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 10031 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Q_{1000} = 13557 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{10000} = 17076 \text{ m}^3/\text{s}$   
e) Ver notas de aula.

**MC.44.** a) Quando existem estes dados é possível a definição de uma série de máximas anuais e partir para uma análise estatística em busca de melhor distribuição (Gumbel, Exponencial, Log-Pearson III, etc). A "descoberta" de uma distribuição estatística apropriada e a definição do tempo de recorrência desejado permitem que se calcule a vazão de projeto.  
b) O conhecimento de dados de chuva e vazão permite que se defina o hidrograma unitário da bacia. Conhecido o H.U. e a "chuva de projeto" pode-se prever a vazão na exutória.  
c) Estudos de regionalização hidrológica.

**MC.45.** Método de Muskingum:

Hidrograma de Jusante							
2,00	2,00	2,29	3,37	4,82	5,09	4,17	3,26

**MC.46.** Método de Muskingum:

$$x = 2 \quad k = 1,46 \text{ dias}$$

**MC.47.** Método de Muskingum:

T	Q <sub>a1</sub> (m³/s)	Q <sub>a2</sub> (m³/s)	Q <sub>e1</sub> (m³/s)	Q <sub>e2</sub> (m³/s)
1	10	40	10	20,5
2	40	25	20,5	29,875
3	25	10	29,875	20,969
4	10	10	20,969	12,742

**MC.48.** Método de Muskingum:

T	Q <sub>a1</sub> (m³/s)	Q <sub>a2</sub> (m³/s)	Q <sub>e1</sub> (m³/s)	Q <sub>e2</sub> (m³/s)
1	12	30	12	15
2	30	42	15	27
3	42	36	27	36
4	36	36	36	36
5	36	18	36	33
6	18	18	33	23
7	18	-	23	-

**MC.49.** Máxima vazão efluente:  $Q_{em\acute{a}x} = 352,0 \text{ m}^3/\text{s}$   
(note que  $Q_{e2} = 0,2 Q_{a1} + 0,2 Q_{a2} + 0,6 Q_{e1}$ )

**MC.50.** Hidrograma Efluente:

DIA	Q <sub>a</sub> (m³/s)	Q <sub>e</sub> (m³/s)
1	10	10
2	20	13,333
3	30	21,111
4	25	25,370
5	20	23,457
6	15	19,486
7	10	14,829

(note que  $Q_{e2} = 1/3 (Q_{a1} + Q_{a2} + Q_{e1})$ )

**MC.51.** Menor borda livre:  $h = 56,3 \text{ cm}$   
(equações:  $Q_e = 0,8944h^{3/2}$   $\frac{V}{\Delta t} = 2h$ )

**MC.52.** Máxima vazão efluente:  $Q_{em\acute{a}x} = 231 \text{ l/min}$

**MC.53.** Método de Muskingum:

Hidrograma de Jusante						
2,20	3,08	4,43	4,97	4,29	3,52	2,61

Máxima vazão efluente:  $Q_{em\acute{a}x} = 4,97 \text{ m}^3/\text{s}$

**MC.54.** Máximo Nível:  $h = 2,34 \text{ m}$   
Vazão de pico:  $Q_{em\acute{a}x} = 323,24 \text{ m}^3/\text{s}$   
(valores obtidos por interpolação linear)

**MC.55.** Máxima vazão efluente:  $Q_{em\acute{a}x} = 25,370 \text{ m}^3/\text{s}$

**MC.56.** Método de Muskingum:

Hidrograma de Jusante

2,00	2,16	2,95	4,26	4,91	4,32	3,62	2,71
------	------	------	------	------	------	------	------

**MC.57.**

T	Q <sub>a1</sub> (m³/s)	Q <sub>a2</sub> (m³/s)	Q <sub>e1</sub> (m³/s)	Q <sub>e2</sub> (m³/s)
1	4	15	4	6,20
2	15	10	6,20	10,48
3	10	6	10,48	9,392
4	6	3	9,392	6,757

**MC.58.**

T	Q <sub>a1</sub> (m³/s)	Q <sub>a2</sub> (m³/s)	Q <sub>e1</sub> (m³/s)	Q <sub>e2</sub> (m³/s)
1	12	30	12	21
2	30	41,40	21	33
3	41,40	35,64	33	36
4	35,64	30,144	36	33