

Capítulo 142

Convolução

Capítulo 142- Convolução

141.1 Introdução

Convolução é a operação matemática de duas funções P e U dando origem a uma terceira função Q que pode ser vista como uma das funções modificadas.

Em hidrologia a função P são as chuvas excedentes em cm obtidas principalmente pelo número da curva CN que é o mais usual e espaçadas no intervalo de tempo Δt .

A função U é o hidrograma unitário sintético em $m^3/s/cm$, por exemplo, do método do SCS, Snyder, Clark espaçados no intervalo de tempo Δt ou por qualquer outro método.

A função resultante é o escoamento superficial, ou seja, o *runoff* Q em m^3/s espaçado no intervalo de tempo Δt .

$$Q_1 = P_1 \cdot U_1$$

$$Q_2 = P_2 \cdot U_1 + P_1 \cdot U_2$$

$$Q_3 = P_3 \cdot U_1 + P_2 \cdot U_2 + P_1 \cdot U_3$$

.....

$$Q_M = P_M \cdot U_1 + P_{M-1} \cdot U_2 + \dots + P_1 \cdot U_M$$

$$Q_{M+1} = 0 + P_M \cdot U_2 + \dots + P_1 \cdot U_{M+1}$$

.....

$$Q_N = 0 + 0 + 0 + 0 \dots + P_M \cdot U_{N-M+1}$$

Sendo

Chuva excedente: Função (P) = $P_1, P_2, P_3 \dots P_M$

Hidrograma unitário: Função (U) = $U_1, U_2, U_3 \dots U_M$

Runoff: Função (Q) = $Q_1, Q_2, Q_3, \dots Q_N$

Devemos tomar o cuidado para que o intervalo de tempo Δt seja o mesmo nas duas funções.

Exemplo 142.1- Baseado em NICKLOW et al, 2006.

Dada a chuva excedente em centímetros variando de hora em hora bem como o hidrograma unitário sintético em m³/s/cm fazer a convolução:

Primeiramente observar a unidade do hidrograma unitário sintético que é m³/s/cm.

Tabela 142.1- Dados fornecidos

Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	7	8
Chuva excedente (cm) Função P	0,508	1,778	3,56	0,508	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidrograma unitário (m ³ /s/cm) Função U	1,11	3,57	5,01	4,12	2,79	1,78	1,00	0,45

Temos, portanto, as duas funções P e U e queremos a função Q do runoff.

$$Q_1 = P_1 \cdot U_1$$

$$Q_1 = 0,508 \cdot 1,11 = 0,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = P_2 \cdot U_1 + P_1 \cdot U_2$$

$$Q_2 = 1,778 \times 1,11 + 0,508 \times 3,57 = 1,97 + 1,81 = 3,78 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_3 = P_3 \cdot U_1 + P_2 \cdot U_2 + P_1 \cdot U_3$$

$$Q_3 = 3,56 \times 1,11 + 1,778 \times 3,57 + 0,508 \times 5,01 = 3,95 + 6,35 + 2,55 = 12,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

Com os valores de Q obtidos podemos formar um hidrograma no ponto considerado.

Tabela 142.2- Cálculo da convolução

Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	7	8
Chuva excedente (cm) Função P	0,508	1,778	3,56	0,508	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidrograma unitário (m ³ /s/cm) Função U	1,11	3,57	5,01	4,12	2,79	1,78	1,00	0,45
Runoff Q (m³/s)	0,57	3,78	12,85	24,27382	28,39184	24,82974	21,8323	22,04272

Exemplo 142.2.

Dada a chuva excedente em centímetros variando de hora em hora bem como o hidrograma unitário sintético em $m^3/s/cm$ fazer a convolução:

Primeiramente observar a unidade do hidrograma unitário sintético que é $m^3/s/cm$.

Tabela 142.3- Dados fornecidos

Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	7	8
Chuva excedente (cm) Função P	0,508	1,778	3,56	0,508	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidrograma unitário ($m^3/s/cm$) Função U	1,11	3,57	5,01	4,12	2,79	1,78	1,00	0,45

USANDO EXCEL

Na Tabela (142.3) está um quadro que pode facilmente ser feito em Excel onde temos 11 colunas.

Coluna 1: multiplicação da chuva excedente $0,508cm$ x o hidrograma unitário. Assim teremos $0,508cm \times 1,11m^3/s/cm=0,56388m^3/s$ e depois $0,508cm \times 3,57m^3/s/cm=1,81356m^3/s$ e assim por diante.

Coluna 2: multiplicação da chuva excedente $1,778cm$ x $1,11m^3/s/cm=1,97353m^3/s$ e assim por diante

Na coluna 11 temos as somas das linhas, sendo a primeira $0,56m^3/s$, a segunda $3,79m^3/s$ e assim por diante.

Teremos um hidrograma final que é toda a coluna 11.

Tabela 142.4- Cálculo da convolução

	Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10	Coluna 11
	Função P (cm)	0,508	1,778	3,56	0,508	0	0	0	0	
Tempo (h)	Função U (m3/s/cm)									Função Q (m3/s)
1	1,11	0,56388								0,56
2	3,57	1,81356	1,97358							3,79
3	5,01	2,54508	6,34746	3,9516						12,84
4	4,12	2,09296	8,90778	12,7092	0,56388					24,27
5	2,79	1,41732	7,32536	17,8356	1,81356	0				28,39
6	1,78	0,90424	4,96062	14,6672	2,54508	0	0			23,08
7	1	0,508	3,16484	9,9324	2,09296	0	0	0	0	15,70
8	0,45	0,2286	1,778	6,3368	1,41732	0	0	0	0	9,76
			0,8001	3,56	0,90424	0	0	0	0	5,26
				1,602	0,508	0	0	0	0	2,11
				0	0,2286	0	0	0	0	0,23
				0	0	0	0	0	0	0,00

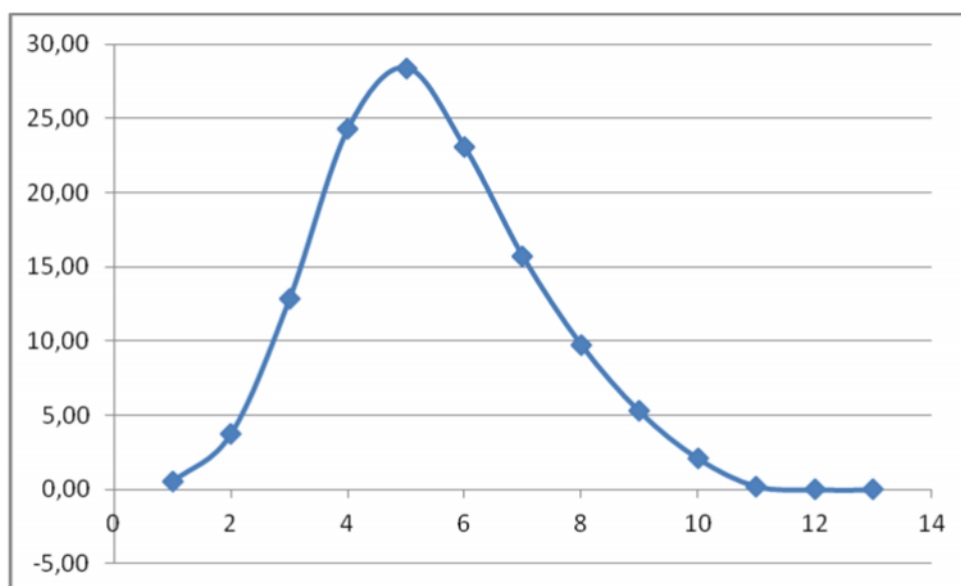


Figura 142.1- Hidrograma obtido após a convolução

142.2 Desconvolução

A desconvolução é quando dado o runoff e a precipitação excedente queremos achar o hidrograma unitário. E a solução é só aplicar as equações já acima formuladas no início.

142.3 Hidrograma unitário sintético

Conforme Bedient et al, 2008 foi no período de 1932 a 1970 que se desenvolveram a maioria dos métodos para achar o hidrograma unitário sintético, que é uma das melhores previsões hidrológicas que existe para um determinado evento de chuva.

142.4 Métodos que usam o Hidrograma unitário sintético

O hidrograma unitário sintético pode ser aquele obtido pelo SCS, mas também pode ser da aplicação do Método de Clark, Método de Snyder, Método de Espey e outros. Em todos eles deve ser aplicado a convolução para se obter o hidrograma.

Relembremos que o método Racional não forma diagrama unitário sintético e nem hidrograma final, fornecendo só o valor do pico.

O método Santa Barbara já forma diretamente o hidrograma sem precisar de hidrograma unitário, mas é válido para áreas urbanas inferiores a 50km².

142.5 Bibliografia e livros consultados

-BEDIENT, PHILLIP B et al. *Hydrology and flood plain analysis*. 4a ed. Prentice-Hall, anop 2008, 795 páginas, ISBN 13:978-0-13-174589-6.

-NICKLOW/BOULOS/MULETA. *Comprehensive urban hydrologic modeling handbook for engineers and planners*. 376 paginas, ISBN 0-97455689-6-1. Chapter five- Surface runoff. 2006