

## Hidrograma triangular do método Racional

### 1. Introdução

O método Racional pode ser usado para achar a vazão de pico para bacias até 3 km<sup>2</sup> ou 2 km<sup>2</sup> segundo DAEE São Paulo, entretanto quando queremos fazer o *routing* do reservatório deparamos com um problema: o método Racional não tem um hidrograma aceito por todos.

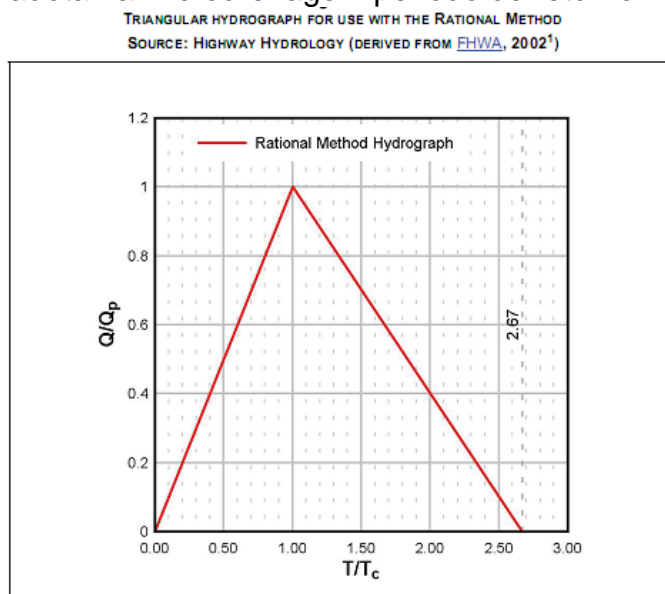
O objetivo nosso é apresentar o hidrograma triangular do método Racional e routing do reservatório..

### 2. Hidrograma do método Racional triangular com base 2,67

O hidrograma do método Racional da Figura (1) é usado em *Mohave County* e é aplicado para áreas em bacias até 64 ha cujos estudos foram feitos em *Maricopa County* para um tempo de concentração menor ou igual a 1h.

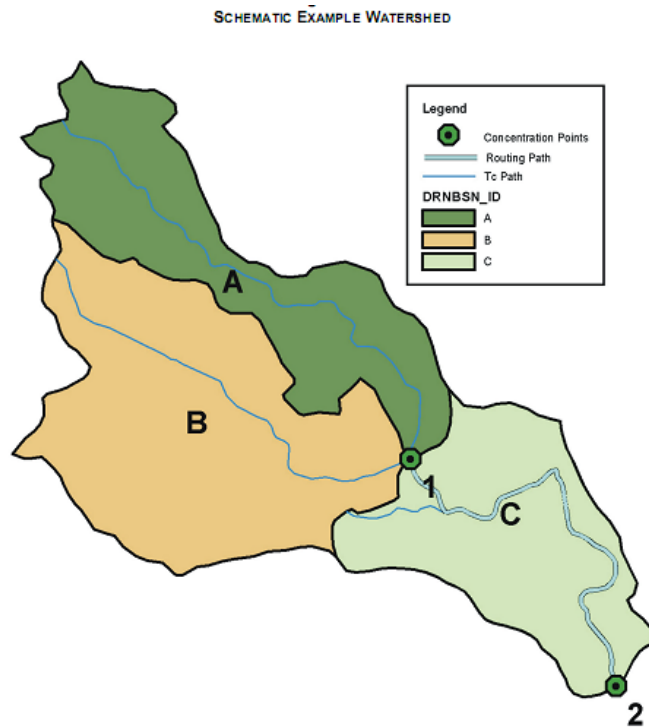
Conforme se pode ver no hidrograma o valor máximo ocorre quando o tempo/tempo de concentração é igual a 2,67 e o tempo de pico quando tempo/tempo de concentração é igual a 1.

Mohave County adota na microdrenagem período de retorno  $T_r=25$  anos.



1. Receding limb of hydrograph set at  $1.67T_c$  after review of representative measured urban runoff hydrographs from USGS flow gages in Mesa and Glendale, AZ.

Figura 1- Esquema original do Drainage Design Manual for Maricopa County, Arizona.



**Figura 2- Cálculo de várias bacias com o método Racional**  
Fonte: Maricopa County, 2010

### 3. Cálculo de várias bacias usando o método Racional

Caso tenhamos várias bacias conforme Figura (2) podemos proceder de duas maneiras.

A maneira tradicional é achar o C ponderado das três bacias, calcular o tempo de concentração e achar a vazão de pico.

Mariposa County, 2010 trás como novidade o cálculo separado de cada sub-bacia para obter o resultado final.

No cálculo separado deve ser feito o hidrograma conforme Figura (1) para cada sub-bacia e depois proceder da seguinte maneira:

- Fazer o hidrograma do método Racional de cada uma das três sub-bacias
- No ponto 1 somar as ordenadas das sub-bacias 1 e 2.
- No ponto 2 devemos transladar o hidrograma obtido entre as sub-bacias e 2 no tempo de percurso (travel time) que vai do ponto 1 ao 2 usando a fórmula de Manning para obter a velocidade e o tempo será a distância dividido pela velocidade.
- Após o traslado somar as ordenadas da sub-bacia C e então teremos o hidrograma final.
- Tal procedimento é o mesmo que pode ser feito usando o método do SCS.

### 4. Hidrograma triangular

Conforme Figura (3) o volume da área hachurada é:

$$V_s = 0,5x (Q_{pós} - Q_{pré}) x tb x 60$$

Sendo:

$V_s$  =volume necessário para deter enchentes ( $m^3$ );

$Q_{pós}$  = vazão de pico ( $m^3/s$ ) no pós-desenvolvimento para determinado período de retorno;

$t_b$  (min) no pós-desenvolvimento  $t_c$  = tempo de concentração;

$Q_{pré}$  = vazão de pico ( $m^3/s$ ) no pré-desenvolvimento para determinado período de retorno.

O valor de  $t_b$  a ser adotado  **$t_b = 2,67 \times t_c$** .

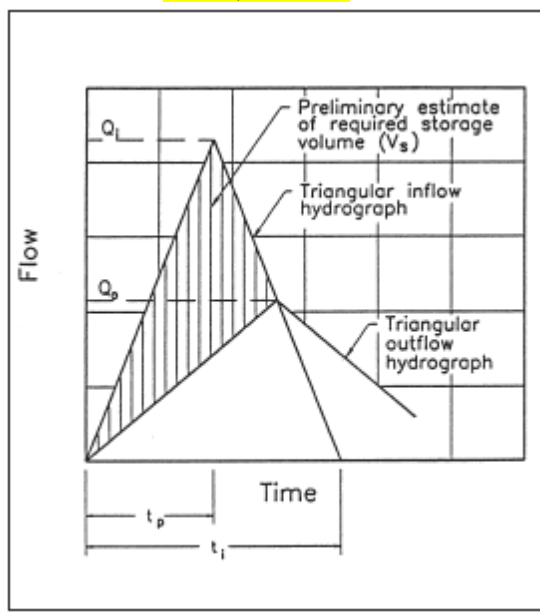


Figura 3- Hidrograma triangular

**Dica:** o método Racional com hidrograma triangular pode ser utilizado para dimensionamento, *routing* e pré-dimensionamento do reservatório. Observar que fica bem genérica a sua aplicação.

### Exemplo 2

Consideramos aqui no exemplo que a vazão da galeria da av. Pacaembu de  $13m^3/s$  seria a vazão de pico no pré-desenvolvimento e a vazão de pico no pós-desenvolvimento é de  $65,47m^3/s$ , calculado pelo método Racional. O tempo de concentração é de 15min. Período de retorno considerado foi de 25anos.

Adotando hidrograma triangular temos:

$$V_s = 0,5 \times (Q_{pós} - Q_{pré}) \times t_b \times 60$$

$$\text{Adotando } t_b = 2,67 \times t_c = 2,67 \times 15\text{min} = 45\text{min}$$

$$V_s = 0,5 \times (65,47 - 13) \times 45\text{min} \times 60\text{s} = 62.570m^3$$

#### 4. Routing do reservatório

*Routing* é a vazão no tempo na entrada de um reservatório resultando em outro hidrograma de saída para atender as exigências do projeto.

Arbitrando um certo valor do tempo compatível com o tempo de concentração podemos fazer o que se denomina *Routing* do reservatório. Somente o *routing* vai confirmar o volume estimado e as dimensões das estruturas de saída como orifícios e vertedores.

#### 5. Bibliografia e livros consultados

-AKA N, A. OSMAN. *Urban hydrology, hydraulics and stormwater quality*. Editora John Wiley & Sons, 2003, 373 páginas. ISBN 0-471-432158-3.

-DHAKAL, NIRAJAN. *Development of guidance for runoff coefficient selection and Modified Rational, Unit Hydrograph Method for Hydrologic Design*. Tese de doutoramento obtida em 7 de maio de 2012, 175 páginas. Faculty of Auburn University.

-MARICOPA COUNTY. *Drainage design manual for Maricopa County*. 14 de junho de 2010, 374 páginas.

-MOHAVE COUNTY. *Drainage design manual for Mohave County*. 1ª edição 24 de agosto de 2009, 354 páginas.

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

Engenheiro civil Plínio Tomaz  
autor do livro: Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais  
[www.pliniotomaz.com.br](http://www.pliniotomaz.com.br)