

DEFLÚVIO SUPERFICIAL DIRETO

III.1. Generalidades

Denomina-se deflúvio superficial direto o volume de água que escoo da superfície de uma determinada área devido a ocorrência de uma chuva torrencial sobre aquela área. A determinação precisa deste volume de água acarretará, conseqüentemente, condições para que sejam projetadas obras dimensionadas adequadamente, alcançando-se os objetivos pretendidos com a implantação de qualquer sistema de drenagem indicado para a área. Para determinação desse volume, vários métodos são conhecidos, os quais podem ser classificados nos grupos abaixo:

- a) medições diretas;
- b) processos comparativos;
- c) métodos analíticos;
- d) fórmulas empíricas.

As medições diretas e processos comparativos restringem-se mais para determinações de vazões em cursos de água perenes tais como córregos, pequenos canais, etc, ficando praticamente sem utilização em projetos de micro-drenagem em geral. As fórmulas empíricas são resultantes de equacionamento de um grande número de observações sendo, por isso, bastante confiáveis, mas de utilização restrita a localidade de origem das observações ou regiões similares.

Procedimentos mais frequentemente empregados, tanto para obras de micro-drenagem como para de macro-drenagem, são os de natureza analítica, visto que trazem na sua definição estudos matemáticos/empíricos que promovem maior credibilidade aos seus resultados. Diante do exposto os métodos analíticos é que serão objeto de estudos a seguir.

III. 2. Métodos Analíticos

Como métodos analíticos são conhecidos os três seguintes: **Método Racional**, **Método do Hidrograma Unitário** e a **Análise Estatística**.

Para obras de micro-drenagem e método mais empregado em todo o mundo ocidental é o Método Racional, por ser o de mais fácil manipulação, mas, devido a sua natureza simplificada da tradução do fenômeno, não é recomendável para o cálculo de contribuições de bacias com áreas superiores a 1,0 km².

Para bacias de drenagem com área superior a 1,0 km² justifica-se uma análise mais acurada, pois a simplificação dos cálculos poderá acarretar obras super ou subdimensionadas do ponto de vista hidráulico. Recomenda-se que para obras de drenagem de áreas de contribuição superiores a 100 hectares seja utilizado o Hidrograma Unitário Sintético, desde que a elaboração do mesmo seja baseada em dados obtidos através de análises da área em estudo.

A Análise Estatística é recomendada para cursos de águas de maior porte, onde a área de contribuição seja superior a 20 km², servindo essencialmente para previsão dos volumes de cheias. A limitação do método está na exigência de um grande número de observações bem como na sua alteração presente ou futura das características da área contribuinte, pois os dados obtidos anteriormente tornar-se-iam obsoletos.

Sendo assim conclui-se que o Método Racional deva ser objeto de estudo mais detalhado a seguir, por ser este o indicado para projetos de micro-drenagem em geral.

III.3. Método Racional

III.3.1. Aplicação

Originário da literatura técnica norte-americana (Emil Kuichling - 1890) o Método Racional traz resultados bastante aceitáveis para o estudo de pequenas bacias (áreas com até 100 hectares), de conformação comum, tendo em vista a sua simplicidade de operação bem como da inexistência de um método de melhor confiabilidade para situações desta natureza.

Menores erros funcionais advirão da maior acuidade na determinação dos coeficientes de escoamento superficial e dos demais parâmetros necessários para determinação das vazões que influirão diretamente nas dimensões das obras do sistema a ser implantado.

III.3.2. Fórmula

O Método Racional relaciona axiomaticamente a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, etc, sendo a vazão de dimensionamento calculada pela seguinte expressão:

$$Q = 166,67 \cdot C \cdot i \cdot A,$$

onde:

Q - deflúvio superficial direto em litros por segundo;

C - coeficiente de escoamento superficial;

i - intensidade média de chuva para a precipitação ocorrida durante o tempo de concentração da bacia em estudo, em milímetro por minuto;

A - área da bacia de contribuição em hectares.

O método presume como conceito básico, portanto, que a contribuição máxima ocorrerá quando toda a bacia de montante estiver contribuindo para a secção em estudo, implicando que o deflúvio seja decorrente de uma precipitação média de duração igual ao tempo de concentração da bacia e que esta é uma parcela da citada precipitação.

III.3.3. Limitações

O método não leva em consideração que as condições de permeabilidade do terreno, notadamente nos não pavimentados, variam durante a precipitação provocando, frequentemente, subdimensionamento das galerias de montante em seus trechos iniciais. Não considera também o retardamento natural do escoamento cujo fenômeno acarreta alteração do pico de cheia, sendo esta a principal razão da limitação do método para bacias maiores. No caso ter-se-iam obras superdimensionadas para escoamento das vazões finais de bacias maiores.

Outra consideração que provoca restrições é o fato de considerar constante a intensidade de chuva de projeto tanto no tempo como no espaço, ou seja, admite uma precipitação uniforme em toda a área de contribuição, implicando, na prática, em subdimensionamento dos trechos de jusante.

Admite também que o binômio chuva-deflúvio é função de dois fatores independentes, como as condições climáticas para a chuva e as fisiográficas para cálculo do deflúvio, o que foi desmentido em estudos posteriores aos de Kuichling, que comprovaram a influência recíproca entre os dois fatores.

Do ponto de vista analítico, ainda se pode comentar que o método, embora tenha como equação característica uma expressão racional, não pode ser considerado efetivamente como tal, visto que no cálculo são empregados coeficientes eminentemente empíricos.

Concluindo tem-se que a experiência mostrou que o emprego do método deve-se limitar a obras de drenagem onde o sistema de galerias não coleta em um só conduto vazões provenientes de áreas superiores a 100 ha. Nestes termos, o método racional apresenta-se como bastante razoável para o cálculo de sistemas de micro-drenagem superficial, fato este comprovado, ao longo dos anos, após sua criação.

III.3.4. Tempo de Concentração

Conceitua-se tempo de concentração como o espaço de tempo decorrido desde o início da precipitação torrencial sobre a bacia até o instante em que toda esta bacia passa a contribuir para o escoamento na secção de jusante da mesma. Em um sistema de galerias corresponde a duas parcelas distintas, sendo a primeira denominada de "tempo de entrada", ou seja, tempo necessário para que as contribuições superficiais atinjam a secção inicial de projeto, enquanto que a segunda corresponde ao tempo gasto pelo escoamento através dos condutos, a partir do instante em que toda a bacia passa a contribuir para a secção em estudo. Esta parcela é denominada de "tempo de percurso".

O tempo de percurso, como o próprio conceito mostra, tem cálculo puramente hidráulico, visto que o mesmo é função das velocidades nos trechos de montante, enquanto que o tempo de entrada depende essencialmente da conformação superficial da bacia, variando inversamente com a intensidade de chuva. Deve-se observar também que o escoamento superficial torna-se mais veloz a medida que se aproxima dos pontos de coleta ou em superfícies impermeabilizadas.

Frequentemente o tempo de entrada, embora de determinação difícil, tem valor entre 10 e 30 minutos. Na literatura especializada também são encontradas figuras e ábacos para determinação desse tempo (Figura III.1).

III.3.5. Intensidade Média das Precipitações

No dimensionamento de sistemas de drenagem define-se intensidade de chuva como a quantidade de água caída na unidade de tempo, para uma precipitação com determinado período de retorno e com duração igual ao tempo de concentração.

No caso do dimensionamento de galerias a intensidade de chuva é determinada a partir da equação de chuva adotada, onde a duração corresponde ao tempo de concentração e a intensidade a obter-se será a média máxima.

III.3.6. Período de Retorno

Os sistemas de micro-drenagem, em geral, são dimensionados para frequências de descargas de 2, 5 ou 10 anos, de acordo com as características da ocupação da área que se quer beneficiar. A seguir são apresentados alguns valores normalmente utilizados:

Ocupação da área	Período de Retorno (em anos)
- residencial	02
- comercial	05 a 10
- terminais rodoviários	05 a 10
- aeroportos	02 a 05

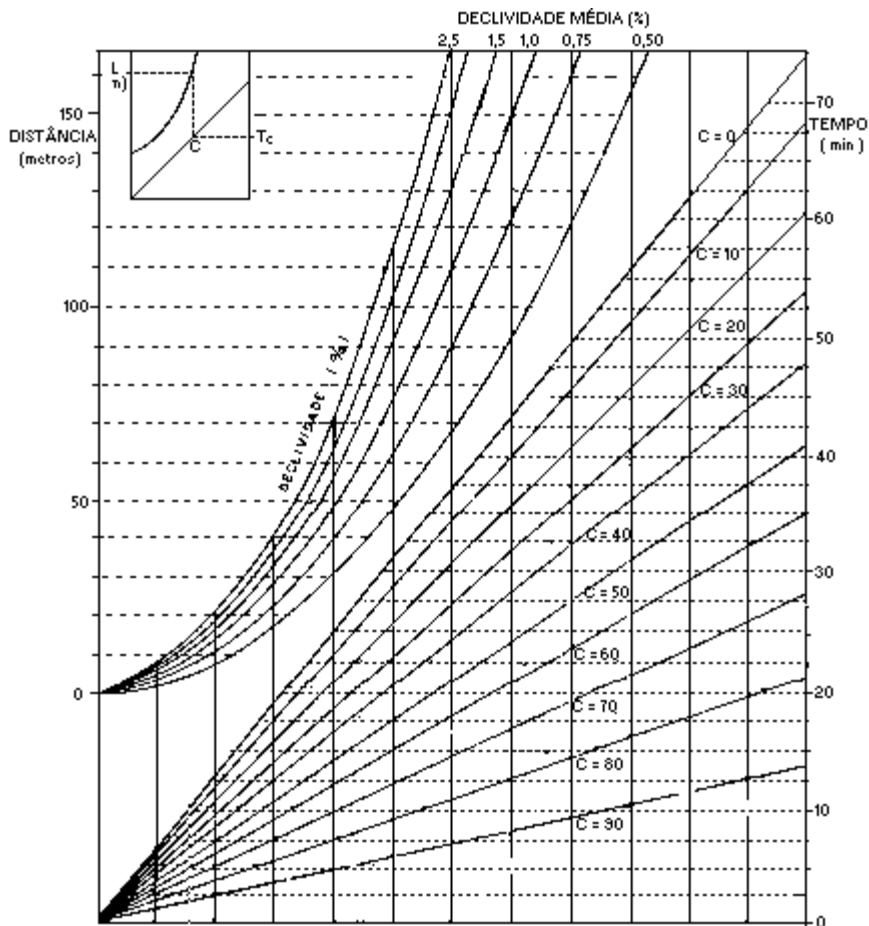


Figura III.1 - Ábaco para determinação do tempo de concentração

III.3.7. Coeficiente de Deflúvio Superficial Direto

Este coeficiente exprime a relação entre o volume de escoamento livre superficial e o total precipitado. É por definição a grandeza, no método racional, que requer maior acuidade na sua determinação, tendo em vista o grande número de variáveis que influem no volume escoado, tais como infiltração, armazenamento, evaporação, detenção, etc, tornando necessariamente, uma adoção empírica do valor adequado. A Tabela III.1 relaciona diversos tipos de superfícies de escoamento com valores de coeficiente "C" respectivos, para períodos de retorno de até 10 anos.

Na prática ocorre frequentemente ser a área contribuinte composta de várias "naturezas" de superfície, resultando assim um coeficiente ponderado em função do percentual correspondente a cada tipo de revestimento.

Quando o cálculo referir-se a chuvas com maior período de recorrência, o coeficiente estimado deverá ser multiplicado por um fator chamado coeficiente de frequência, $C_f \geq 1,0$, mas de modo que o produto $C.C_f$ seja menor ou igual a unidade, isto é, $C.C_f \leq 1,0$. O coeficiente C_f tem os seguintes valores:

Período de Retorno (anos)	Coeficiente de Frequência - C_f
2 a 10	1,00
25	1,10
50	1,20
100	1,25

Assim a fórmula racional assume, para às unidades citadas em III.3.2, a seguinte expressão

$$Q = 166,67 \cdot C \cdot C_f \cdot i \cdot A.$$

Tabela III.1 - Coeficiente de Deflúvio

a) de acordo com o revestimento da superfície

Natureza da Superfície	Coeficiente "C"
- pavimentadas com concreto	0,80 a 0,95
- asfaltadas em bom estado	0,85 a 0,95
- asfaltadas e má conservadas	0,70 a 0,85

- pavimentadas com paralelepípedos rejuntados	0,75 a 0,85
- pavimentadas com paralelepípedos não rejuntados	0,50 a 0,70
- pavimentadas com pedras irregulares e sem rejuntamento	0,40 a 0,50
- macadamizadas	0,25 a 0,60
- encascalhadas	0,15 a 0,30
- passeios públicos (calçadas)	0,75 a 0,85
- telhados	0,75 a 0,95
- terrenos livres e ajardinados	
1) solos arenosos	
$I \leq 2\%$	0,05 a 0,10
$2\% < I < 7\%$	0,10 a 0,15
$I \geq 7\%$	0,15 a 0,20
2) solos pesados	
$I \leq 2\%$	0,15 a 0,20
$2\% < I < 7\%$	0,20 a 0,25
$I \geq 7\%$	0,25 a 0,30
b) de acordo com a ocupação da área	
- áreas centrais, densamente construídas, com ruas pavimentadas	0,70 a 0,90
- áreas adjacentes ao centro, com ruas pavimentadas	0,50 a 0,70
- áreas residenciais com casas isoladas	0,25 a 0,50
- áreas suburbanas pouco edificadas	0,10 a 0,20

III.4. Exemplos

1. Um determinado trecho de galeria deverá receber e escoar o deflúvio superficial oriundo de uma área de 2,50 ha, banhada por uma chuva intensa e com um coeficiente de escoamento superficial igual a 0,40 . Se o tempo de concentração previsto para o início do trecho é de 16,6 minutos, calcular a vazão de jusante do mesmo sabendo-se que a equação de chuva máxima local é dada pela expressão $i = 1840/(t + 167,4)$, com i -mm/min e t -min.

Solução:

$$Q = 166,67 \cdot C \cdot i \cdot A = 166,67 \times 0,40 \times (1840/16,6+167,4) \times 2,5 = 1\,667 \text{ l/s}$$

Assim, **Q = 1,67 m³/s** .

2. Encontrar um coeficiente de escoamento adequado para uma área de pequena inclinação, bem urbanizada, onde 22% corresponde a ruas asfaltadas e bem conservadas, 8% de passeios cimentados, 36% de pátios ajardinados e 34% de telhados cerâmicos. Que setor da área urbana parece ser este?

Solução:

$$C = 0,22 \times 0,95 + 0,08 \times 0,80 + 0,36 \times 0,10 + 0,34 \times 0,90 = 0,615$$

Assim, **C = 0,62**, o que equivale a área adjacente ao centro .

III. Exercícios

- Definir deflúvio superficial direto.
- Explicar comparativamente
 - medições diretas;
 - processos comparativos;
 - métodos analíticos;
 - fórmulas empíricas.
- Que são métodos analíticos de determinação de vazão?
- Quais as vantagens e desvantagens de cada um dos métodos de determinação de deflúvio superficial: Método Racional, Método do Hidrograma Unitário e a Análise Estatística.
- Por que o Método de Kuichling não é verdadeiramente racional? Expor suas limitações devidamente justificadas.
- Como seria a expressão para determinação da vazão em m³/spelo método racional, quando a intensidade for em mm/min?
- Expor razões para que o tempo de concentração seja mais ou menos extenso?
- O que é intensidade média de precipitação? Que erros podem ser cometidos na sua determinação?
- Por que em microdrenagem o período de retorno máximo é de 10 anos?
- Comparar coeficiente de deflúvio com tempo de concentração.
- O que é coeficiente de frequência e po que ele cresce com o período de retorno?
- Um determinado trecho de galeria deverá receber e escoar o deflúvio superficial oriundo de uma área de 1,85 ha, banhada por uma chuva intensa, onde 18% corresponde a ruas asfaltadas e bem conservadas, 6% de passeios cimentados, 46% de pátios e canteiros gramados, além de 30% de telhados cerâmicos. A sua inclinação média é de 2%. Se o tempo de concentração previsto para o início do trecho é de 14 minutos, calcular a vazão de jusante do mesmo sabendo-se que a equação de chuva máxima local é dada pela expressão $i = 1840/(t + 147)$, com i -mm/min e t -min.