

IX-038 - COMPARAÇÃO ENTRE AS METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO DE VAZÕES: O MÉTODO RACIONAL E O SWMM

Renata Shirley de Andrade Valdivino⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Recursos Hídricos pela UFC. Doutoranda em Recursos Hídricos na UFC. Professora Assistente, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada, Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Alessandro de Araújo Bezerra⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Recursos Hídricos pela UFC. Professor Assistente, Chefe do Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada, Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Marco Aurélio Holanda de Castro⁽³⁾

Engenheiro Civil, PhD., Drexel University -USA. Professor Titular, Departamento de Enga. Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Piauí - UFPI Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Bairro Ininga - Teresina - PI - CEP: 64049-550- Brasil - Tel: (86) 3215.5717 - e-mail: re_shirley@hotmail.com

RESUMO

O crescimento da urbanização tem sofrido grandes acelerações nos últimos anos em várias regiões do planeta, principalmente, nos países em desenvolvimento. O Brasil não foge a essa regra, a urbanização das suas cidades está aumentando rapidamente. Infelizmente, o crescimento dos pólos urbanos quase nunca está acompanhado por um planejamento adequado, a infraestrutura fica esquecida para um segundo plano ou como medida paliativa para durante situações emergenciais. Quando algumas cidades tentam promover um desenvolvimento organizado, é comum a utilização de ferramentas arcaicas, que podem não refletir a situação atual e futura do local, fornecendo projetos sub ou super dimensionados, isso geralmente culmina em projetos engavetados por falta de verba para implantação ou desperdício do dinheiro públicos em obras que simplesmente não funcionam como deveriam. Este trabalho faz uma comparação dos métodos utilizados para o cálculo de vazões na drenagem urbana, cujo objetivo é apresentar o método mais econômico, de forma a servir como uma ferramenta de auxílio para o desenvolvimento de projetos de drenagem urbana, uma vez que os estragos causados pelas chuvas nas grandes cidades têm aumentado significativamente.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem urbana, Método Racional, SWMM.

INTRODUÇÃO

O Brasil é uma nação em desenvolvimento, suas cidades têm crescido bastante nos últimos anos. Entretanto o crescimento não está alinhado a um planejamento concreto traçado pelos planos diretores de cada cidade. O aumento na urbanização tem subido de forma desorganizada, de maneira tal que os prejuízos causados por ela têm estampado, frequentemente, as manchetes dos jornais diariamente.

De acordo com Tucci (1995), existem dois tipos de enchentes:

- As ocorridas em área ribeirinhas - ou seja, àquelas que, comumente ocorrem nas margens de rios em decorrência dos períodos de chuvas;
- As que ocorrem devido à urbanização – devido a impermeabilização dos solos o que dificulta a infiltração.

O crescimento urbano faz com áreas de localidades que, antes eram repletas de campos e outras áreas propícias para infiltração das águas das chuvas, passem a ser cobertas por asfalto, concreto e outros materiais com pequena capacidade de infiltração, o que aumenta os riscos de enchentes nessas localidades e em regiões próximas. O problema acima poderia ter proporções menores, caso fosse adotado projetos para sistema de drenagem, a fim de coletar as águas para evitar o acúmulo em regiões críticas.

Normalmente quando se fala em planejamento em infraestrutura logo se manifesta a idéia de saneamento básico. O problema decorrente é que, para um grande senso comum de autores, o saneamento básico é composto pelos sistemas de:

- Abastecimento de água;
- Coleta de esgotos domésticos;
- Coleta de resíduos sólidos.

Como se pode observar a coleta de esgotos pluviais, ou seja, a drenagem, não está incluída nos sistemas citados acima, mesmo sendo de extrema necessidade nos dias atuais. Uma prova do descaso com a drenagem urbana no Brasil é observar que, segundo Bezerra (2008) menos da metade do país possui rede coletora de drenagem.

Segundo McCuen(1989), inúmeros são os fatores que contribuem para a ineficiência dos projetos de drenagem, dentre eles destacam-se que as ocorrências das chuvas são imprevisíveis, uma coleta eficiente das águas das chuvas tem um custo é muito elevado e, principalmente, os processos hidrológicos das chuvas são muito complexos e não existe uma completa teoria de hidrologia.

Para Tucci (1995), a microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana. Ainda segundo Tucci (1995), o dimensionamento de uma rede de esgotos pluviais é baseado em três etapas:

- Subdivisão da área e traçado;
- Determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- Dimensionamento da rede de condutos.

Existem vários elementos envolvidos na definição de projetos para drenagem urbana. Como a bacia hidrográfica, para Pinto et. al. (1976), a bacia hidrográfica ou bacia de contribuição de uma seção de um curso de água é a área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada. As características presentes na bacia de contribuição são de grande importância para determinar os parâmetros envolvidos na drenagem como: o tipo de solo, o tempo de concentração, a área da bacia, etc. Em função do tipo de solo e da sua utilização determina-se o coeficiente de escoamento superficial C.

DETERMINAÇÃO DAS CHUVAS DE PROJETO

É um dado necessário para elaboração de projetos de drenagem, e pode ser determinada através de três métodos:

- **Método de Pfafstetter:** Otto Pfafstetter colheu dados de 98 postos pluviográficos em diferentes locais do país. Através desse estudo, obteve-se equações para se determinar a precipitação da região;
- **Método das Isozonas:** Este método utiliza dados de chuvas diárias e, através de um processo de desagregação, transforma para cada período de retorno, a chuva de 1 dia de duração, em chuvas de duração variando de 6 minutos a 24 horas.
- **Método das Equações de Chuva:** São fórmulas encontradas estatisticamente que calculam a intensidade das chuvas de acordo com a equação disponível para cada município.

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO PELO MÉTODO RACIONAL

Segundo alguns pesquisadores é a maneira mais fácil e comum de encontrar a vazão. O cálculo baseia-se na aplicação da equação (1) a seguir:

$Q = CIA$

equação (1)

Onde Q é a vazão gerada pela bacia em m^3/s ; C é o coeficiente de escoamento adimensional; I é a intensidade da chuva em m/s ; A é a área da bacia em estudo em m^2 .

O método racional, dada a sua simplicidade, limita sua utilização para bacias de pequeno porte (até $2 km^2$).

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO ATRAVÉS DO SWMM

O software SWMM (Storm Water Management Model) é utilizado para dimensionamento para coleta de esgotamento sanitário e para coleta de esgotos pluviais de bacias urbanas. O modelo utilizado pelo software apresenta simplificações nas equações de escoamento variado, utilizando o modelo da onda cinemática para fluxo a superfície livre.

Segundo Bezerra (2008), o SWMM considera os seguintes processos hidrológicos:

- Variação da chuva no tempo;
- Evaporação;
- Acumulação de neve;
- Armazenamento de água;
- Infiltração;
- Percolação da água infiltrada;
- Encontro de fluxo entre águas subterrâneas e sistemas de drenagem;
- Rotinas não-lineares de reservatórios de água.

O SOFTWARE UFC8

A ferramenta computacional pertencente a plataforma UFC, o UFC8 possui os acessórios necessários para o desenvolvimento de um projeto de drenagem urbana. Ele possui tanto os elementos gráficos como ferramentas para dimensionamento e quantitativos. O programa foi desenvolvido pelo Laboratório de Hidráulica Computacional da Universidade Federal do Ceará.

O programa UFC8 elabora uma planilha de dimensionamento utilizando os resultados obtidos através das simulações realizadas pelo SWMM.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consistiu na comparação entre as duas metodologias citadas anteriormente. Adotou-se uma rede fictícia, traçou-se a rede com a utilização dos recursos gráficos do software UFC8. A rede foi dividida em cinco bacias de contribuição.

Para a elaboração do trabalho, alguns parâmetros foram utilizados, o período de retorno considerado foi de 10 anos, o tempo de concentração mínimo adotado foi de 10 minutos e o coeficiente de escoamento superficial foi considerado 0,6 para todas as bacias.

O cálculo da precipitação foi realizado através do uso das equações de chuva, para o caso estudo utilizou-se a equação de Fortaleza, visualizada na equação (2) a seguir:

$$I = (aT^b) (t + c)^{-d}$$

equação (2)

Onde I é a intensidade de chuva em mm/h; T é o período de retorno em anos; t é o tempo de concentração em minutos e; a, b, c e d são as constantes de município, cujos valores para Fortaleza são, respectivamente, 2.345,29; 0,173; 28,31 e; 0,904.

A comparação entre os dois métodos foi realizada de modo a identificar qual das duas metodologias fornecerá a configuração de diâmetros de maior economia, a qual permita que o sistema funcione apenas sob ação da gravidade.

Para isso calculou-se as vazões utilizando cada método, seguido do cálculo dos diâmetros da rede utilizando a equação de Manning, que para seção cheia assume a forma da equação (3):

$$D = (3,208 Q n I^{0,5})^{0,375}$$

equação (3)

DESCREVENDO O MÉTODO UTILIZANDO O SWMM

Utilizando o programa UFC8 traçou-se a rede em função da sua topografia, foi realizada a simulação no SWMM. Os resultados foram obtidos para vazão, velocidade e lâmina d'água são listados e utilizados para a construção de uma planilha de cálculo, com resultados mais completos, gerada pelo próprio UFC8. Vale lembrar que a chuva de projeto na simulação do SWMM é distribuída e não constante como no método Racional, como mostrado no ietograma da figura (1) a seguir:

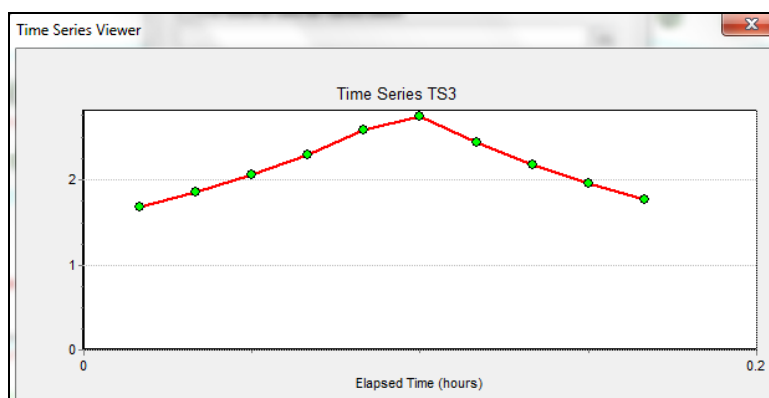


Figura 1: Distribuição da chuva de projeto na bacia pelo SWMM.

Os diâmetros são calculados por meio de uma rotina interna do próprio UFC8 e apresentados na planilha de cálculo gerada pelo programa.

DESCREVENDO O MÉTODO UTILIZANDO O MÉTODO RACIONAL

Para a determinação dos diâmetros utilizando as vazões geradas pelo método racional, construiu-se uma planilha com os mesmos dados de bacias e trechos. Para encontrar a vazão no interior das tubulações, calculou-se a velocidade da água através da equação de Manning, conhecendo o comprimento da tubulação pode-se encontrar o tempo que essa água chega até o fim de cada trecho. O tempo encontrado é adicionado ao tempo de concentração, calculando-se uma nova intensidade de chuva de projeto e, assim, uma nova vazão para aquele ponto da tubulação, esse processo continua até o destino final da água.

RESULTADOS

A figura (2) abaixo representa a rede fictícia utilizada no trabalho.

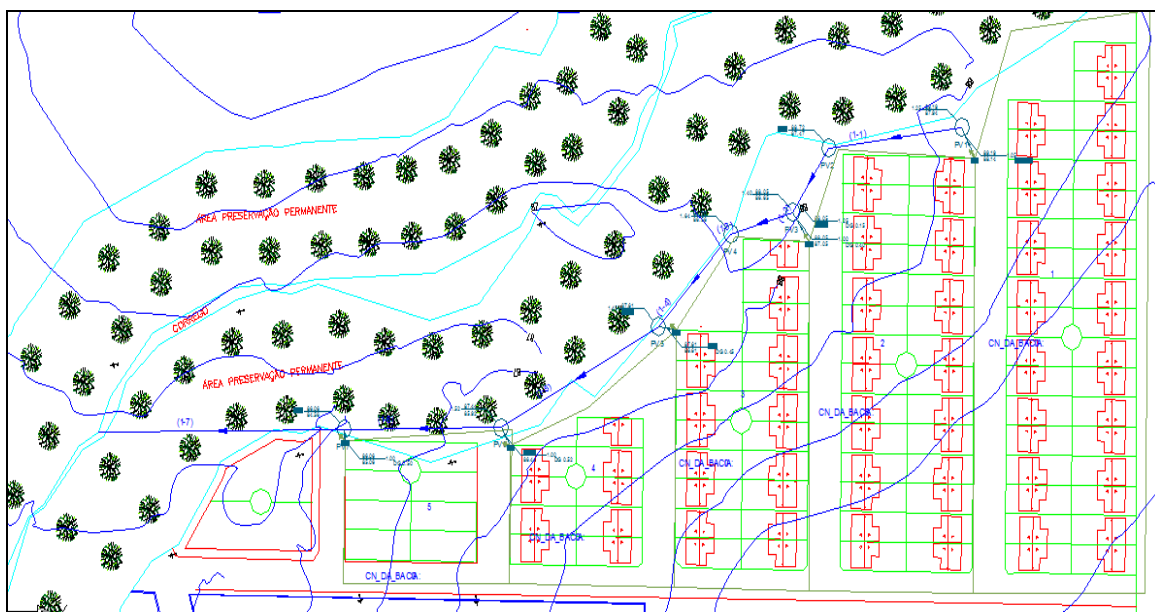


Figura 2: Rede fictícia utilizada.

Logo a seguir tem-se a tabela 1 com os resultados gerados pelo com a utilização do SWMM e o UFC8:

Tabela 1: Resultados gerados pelo SWMM.

| RESULTADOS GERADOS PELO SWMM | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|--------------|---------|---------|---------|---------|----------------|----------------|----------|------------|------------|
| Trecho | Mon. | Jus. | Comprim. (m) | CTM (m) | CTJ (m) | CCM (m) | CCJ (m) | Prof. Mon. (m) | Prof. Jus. (m) | Seção | Núm. tubos | Diam. (mm) |
| 5 | BC5 | PV7 | 2.5 | 86.16 | 86.06 | 85.16 | 85.06 | 1 | 1 | Circular | 1 | 300 |
| 4 | BC4 | PV6 | 4.7 | 87.65 | 87.44 | 86.65 | 86.44 | 1 | 1 | Circular | 1 | 300 |
| 3 | BC3 | PV5 | 5 | 87.68 | 87.61 | 86.68 | 86.61 | 1 | 1 | Circular | 1 | 300 |
| 2 | BC2 | PV3 | 7.8 | 88.23 | 88.05 | 87.23 | 87.05 | 1 | 1 | Circular | 1 | 300 |
| 1 | BC1 | PV1 | 7.5 | 89.32 | 89.19 | 88.27 | 88.14 | 1.05 | 1.05 | Circular | 1 | 350 |
| (1-7) | PV7 | Fim | 66.9 | 86.06 | 86.82 | 84.56 | 84.23 | 1.5 | 2.59 | Circular | 1 | 600 |
| (1-6) | PV6 | PV7 | 42.8 | 87.44 | 86.06 | 85.92 | 84.56 | 1.52 | 1.5 | Circular | 1 | 550 |
| (1-5) | PV5 | PV6 | 48.2 | 87.61 | 87.44 | 86.16 | 85.92 | 1.45 | 1.52 | Circular | 1 | 550 |
| (1-4) | PV4 | PV5 | 28.2 | 88.2 | 87.61 | 86.56 | 86.16 | 1.64 | 1.45 | Circular | 1 | 500 |
| (1-3) | PV3 | PV4 | 17.6 | 88.05 | 88.2 | 86.65 | 86.56 | 1.4 | 1.64 | Circular | 1 | 500 |
| (1-2) | PV2 | PV3 | 17.1 | 88.72 | 88.05 | 87.47 | 86.8 | 1.25 | 1.25 | Circular | 1 | 350 |
| (1-1) | PV1 | PV2 | 36.6 | 89.19 | 88.72 | 87.94 | 87.47 | 1.25 | 1.25 | Circular | 1 | 350 |

Tabela 1 - continuação: Resultados gerados pelo SWMM.

| RESULTADOS GERADOS PELO SWMM – CONT. | | | |
|--------------------------------------|----------------|--------------|------------|
| Declividade | Q. trecho(L/s) | Veloc. (m/s) | Lâmina (%) |
| 0.04 | 39.13 | 2.14 | 31 |
| 0.0447 | 47.86 | 2.36 | 33 |
| 0.014 | 67.45 | 1.69 | 55 |
| 0.0231 | 103.46 | 2.25 | 62 |
| 0.0173 | 131.25 | 2.15 | 61 |
| 0.005 | 381.08 | 1.82 | 70 |
| 0.0318 | 344.23 | 2.26 | 61 |
| 0.005 | 298.77 | 2.22 | 55 |
| 0.0143 | 233.48 | 1.8 | 63 |
| 0.005 | 233.35 | 1.99 | 58 |
| 0.0392 | 131.16 | 2.93 | 47 |
| 0.0128 | 131.25 | 2.27 | 58 |

Finalmente a tabela 2 que mostra os resultados obtidos utilizando o método racional:

Tabela 2: Resultados gerados pelo método racional.

| RESULTADOS MÉTODO RACIONAL | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------------|-----|----------|-------------|----------|-----------------|-----------------|------------------|
| Área da Bacia (m²) | Trecho | Comprim. (m) | C | i (mm/h) | i (m/s) | Tc | Q. trecho(m³/s) | Q. plena (m³/s) | Q.trecho/Q.plena |
| 1465.941 | 5 | 2.5 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 3.679 | 0.031611682 | 0.193401517 | 0.163451056 |
| 1855.582 | 4 | 4.7 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 4.826 | 0.040013935 | 0.204448365 | 0.195716583 |
| 2615.039 | 3 | 5 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 4.774 | 0.056390934 | 0.114417881 | 0.492850711 |
| 4229.402 | 2 | 7.8 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 5.979 | 0.091203201 | 0.146972429 | 0.62054633 |
| 5729.816 | 1 | 7.5 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 7.659 | 0.123558262 | 0.12718999 | 0.971446436 |
| 15895.78 | (1-7) | 66.9 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 9.259294 | 0.342778015 | 0.344264342 | 0.995682599 |
| 14429.839 | (1-6) | 42.8 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 9.047117 | 0.311166333 | 0.868201637 | 0.358403301 |
| 12574.257 | (1-5) | 48.2 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 8.545402 | 0.271152397 | 0.344264342 | 0.78762847 |
| 9959.218 | (1-4) | 28.2 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 8.33896 | 0.214761464 | 0.45153827 | 0.475621841 |
| 9959.218 | (1-3) | 17.6 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 8.144623 | 0.214761464 | 0.267000177 | 0.804349519 |
| 5729.816 | (1-2) | 17.1 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 8.046741 | 0.123558262 | 0.288800331 | 0.427832828 |
| 5729.816 | (1-1) | 36.6 | 0.6 | 129.3845 | 3.59401E-05 | 7.720477 | 0.123558262 | 0.165028761 | 0.748707449 |

Tabela 2 - continuação: Resultados gerados pelo método racional.

| RESULTADOS MÉTODO RACIONAL – CONT. | | | | | | |
|------------------------------------|------------------|-------------|---------------|------------------|----------------|---------------|
| Diam. (mm) | D.comercial (mm) | Declividade | V.plena (m/s) | V.trecho/V.plena | V.trecho (m/s) | Tpercurso (s) |
| 152.09791 | 300 | 0.04 | 2.736071773 | 0.75 | 2.05205383 | 0.02030486 |
| 162.728345 | 300 | 0.0447 | 2.892352705 | 0.78 | 2.25603511 | 0.034721682 |
| 230.075894 | 300 | 0.014 | 1.61868189 | 0.99 | 1.602495071 | 0.05200224 |
| 250.837912 | 300 | 0.0231 | 2.079234535 | 1.05 | 2.183196261 | 0.059545723 |
| 296.746031 | 300 | 0.0173 | 1.799370274 | 1.13 | 2.033288409 | 0.061476768 |
| 549.085058 | 550 | 0.005 | 1.449028015 | 1.13 | 1.637401657 | 0.680956927 |
| 374.312028 | 550 | 0.0318 | 3.654309608 | 0.92 | 3.36196484 | 0.212177511 |
| 502.880516 | 550 | 0.005 | 1.449028015 | 1.105 | 1.601175956 | 0.501714587 |
| 378.377034 | 500 | 0.0143 | 2.299665528 | 0.99 | 2.276668872 | 0.206441967 |
| 460.779765 | 500 | 0.005 | 1.359820733 | 1.11 | 1.509401014 | 0.194337575 |
| 254.552535 | 350 | 0.0392 | 3.001730628 | 0.97 | 2.911678709 | 0.097881679 |
| 313.990635 | 350 | 0.0128 | 1.715274645 | 1.09 | 1.869649363 | 0.326264385 |

CONCLUSÕES

Dados resultados obtidos com a utilização das duas metodologias, pode-se observar que o método racional forneceu diâmetros menores (sinalizados em amarelo na tabela 2) que o SWMM, portanto para o caso analisado o método racional apresentou resultados mais econômicos.

Vale ressaltar que o método racional não considera a distribuição temporal da chuva, fato esse que pode ter influenciado os resultados do trabalho. Entretanto o fato de não existir normas técnicas da ABNT que orientem a elaboração de projetos de drenagem urbana permite a utilização de qualquer metodologia de cálculo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MCCUEN, R. H. Hydrologic Analysis and Design. Englewood Cliffs, New Jersey. Editora Prentice Hall, 1989. 867 p.
2. BEZERRA, A. de A., Computação gráfica e modelagem computacional aplicada a redes de drenagem urbana, Monografia (graduação) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia. Depto. de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza, 2008.
3. PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1976. 278p.
4. TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. Drenagem Urbana, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Editora da Universidade, 1995.