



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Secretaria Municipal de
Infraestrutura

PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA APRESENTAÇÃO DE PROJETOS DE DRENAGEM

INTRODUÇÃO

Com o objetivo de melhorar a organização e padronização de projetos de drenagem que devem passar por análise do Departamento de Projetos da Secretaria Municipal de Infraestrutura, o Setor de Projetos de Drenagem elaborou o presente documento.

Como objetivo deste documento cita-se a exposição de características necessárias à avaliação de projetos de drenagem que deverão ter recebimento da infraestrutura pelo poder público municipal.

Dentre as etapas do projeto de drenagem pode-se citar a Elaboração de Estudo Hidrológico, a realização de Estudo Hidráulico e por fim o detalhamento dos elementos construtivos que compõe o sistema de drenagem.

O estudo hidrológico deve permitir a verificação das vazões de projeto afluentes ao sistema projetado. As verificações hidráulicas devem ser balizadas pelas vazões afluentes e garantir segurança ao escoamento das águas precipitadas nos dispositivos projetados.

Com base nas avaliações hidrológicas e hidráulicas deve-se elaborar os elementos que compõe o projeto, quais sejam: memoriais de cálculo e descritivo – contendo planilhas de dimensionamento e características do sistema projetado – e peças gráficas compostas minimamente por: traçado em planta, perfil longitudinal das galerias e detalhamento construtivo dos diversos dispositivos projetados.

PROJETOS MACRODRENAGEM

Conteúdo mínimo:

- Memorial descritivo e de cálculo



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Secretaria Municipal de
Infraestrutura

- Projeto geométrico aprovado e/ou análise prévia do loteamento
- Manifestação Ambiental (Exame Técnico Municipal e/ou Licença Ambiental)
- Peça gráfica com indicação das áreas contribuintes
- Traçado em planta das obras de macrodrenagem
- Perfil longitudinal das intervenções
- Detalhes construtivos e características do sistema

Memorial descritivo e de cálculo

O memorial descritivo e de cálculo deverá ter por finalidade a descrição dos elementos utilizados, métodos adotados para estimativas das vazões de projeto, verificações hidráulicas do sistema proposto e distinção das características dos materiais utilizados.

O memorial deverá possuir capítulo destinado ao estudo hidrológico que deverá apontar características da chuva de projeto, do tipo de cobertura previsto para o local e método utilizado para estimativa da vazão de projeto.

Estudo hidrológico

Sempre que as áreas contribuintes ao local das intervenções possuírem dimensões reduzidas é recomendada a utilização do Método Racional para cálculo das máximas vazões afluentes ao sistema.

Dentre os princípios do Método Racional destacam-se que o evento chuvoso de projeto possui duração igual ao tempo de concentração da bacia, que a chuva possui intensidade de precipitação constante durante sua duração e sem variação espacial.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Secretaria Municipal de
Infraestrutura

Método Racional

Assim denominado por estabelecer razão entre o volume precipitado e o escoado, é amplamente recomendado para cálculo de vazões em pequenas bacias contribuintes. As hipóteses do método são:

- A vazão máxima ocorre quando toda a área da bacia passa a contribuir para o exutório.
- Chuva distribuída igualmente em toda a área da bacia.
- Todas as perdas estão incorporadas no coeficiente de escoamento superficial.

De maneira simplificada a fórmula de cálculo das vazões pelo Método Racional pode ser observada na Equação 1:

$$Q = \frac{c \cdot i \cdot A}{3600} \quad \text{Equação 1}$$

Para a qual: Q – corresponde a vazão em l/s;

i – intensidade de precipitação de projeto (mm/h);

c – coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A – área contribuinte estimada em m².

Coefficiente de escoamento superficial

Definido como a relação entre o volume precipitado e o escoado, o coeficiente de deflúvio indica a razão entre a máxima vazão escoada e a intensidade da precipitação.

Os valores deste coeficiente variam de acordo com os volumes precipitados (desta forma com a duração, intensidade e frequência do evento), e são adotados em geral para tempos de retorno de 10 anos.

Diversos autores apresentam valores para o coeficiente de escoamento e recomenda-se a adoção de valores apresentados em literatura especializada e amplamente divulgada. De maneira geral recomenda-se a adoção dos valores apresentados no Quadro 1.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Secretaria Municipal de
Infraestrutura

Quadro 1: coeficiente de escoamento superficial recomendados.

Revestimento da superfície	Coeficiente de escoamento
Praças e áreas verdes	0,30
Lotes residenciais	0,60
Áreas Mistas	0,70
Lotes comerciais	0,80
Ruas e calçamentos	1,00

A adoção dos coeficientes de deflúvio deve representar características homogêneas das áreas drenadas e considerar alterações previstas durante a vida útil do projeto.

Método *Soil Conservation Service* (SCS)

Descargas de projeto

O cálculo das descargas de projeto deve ser realizado através do método do Hidrograma Unitário Sintético desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* (SCS, 1986) sempre que a área da bacia seja superior a 2 km² e não haja pontos de medição de vazão. Este procedimento correlaciona a capacidade de armazenamento de uma bacia hidrográfica a um valor denominado “*Curve Number*” — CN. O CN de uma bacia depende de variáveis como: tipo de solo, condições de uso e ocupação do solo, condições antecedentes de umidade do solo. A capacidade de retenção no solo pode ser observada na Equação 2.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Equação 2}$$

Em que: S – é o armazenamento potencial de água no solo da bacia (mm);

CN – é o coeficiente adimensional que agrega as características da bacia, variando entre 0 e 100.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Secretaria Municipal de
Infraestrutura

A formulação que rege a vazão escoada superficialmente, também denominada precipitação efetiva, para o método do SCS possui um termo que leva em consideração as retenções iniciais no solo (Equação 3), podendo ser observada na Equação 4.

$$I_a = 0,2 * S \quad \text{Equação 3}$$

$$R = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad \text{Equação 4}$$

Para as quais: I_a – representa as perdas iniciais de escoamento (cm);

R – é o volume escoado superficialmente (cm) para uma precipitação P (cm).

Para a determinação da capacidade de escoamento do solo local devem ser utilizados os valores de referência definidos pelo *Soil Conservation Service* (SCS), para condições antecedentes de umidade do solo (AMC — *Antecedent Moisture Conditions*) normais, conforme apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: *Curve Number*'s utilizados na determinação das descargas de projeto.

Uso do solo	Curve Number (CN)
Área impermeável	98
Zonas comerciais (85% impermeáveis)	92
Zonas comerciais (72% impermeáveis)	88
Ocupações densas	85
Pastagens e baldios	79
Praças	61
Áreas vegetadas (matas e bosques)	58

A determinação do Hidrograma Unitário Sintético baseia-se na determinação dos valores de vazão para uma dada precipitação excedente unitária. A estimativa destas vazões correlaciona a vazão de pico, o tempo de pico e de base do hidrograma. Para determinação do Hidrograma Unitário



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Secretaria Municipal de
Infraestrutura

Sintético de acordo com as premissas do SCS pode-se calcular a vazão de pico com auxílio da Equação 5 — para uma chuva unitária excedente de 1 cm.

$$q_p = \frac{2,08 * A}{t_p} \quad \text{Equação 5}$$

Na qual: q_p - vazão de pico em m³/s;

A - área contribuinte (km²);

t_p - tempo de pico (h).

O tempo de ocorrência da vazão de pico pode ser calculado conforme a Equação 6, podendo-se dividi-lo em duas parcelas: a primeira referente à duração da precipitação excedente ($0,5*t_r$) e a segunda denominada tempo de resposta da bacia contribuinte ($0,6*t_c$).

$$t_p = 0,5 * t_r + 0,6 * t_c \quad \text{Equação 6}$$

Nesta: t_r - duração da precipitação;

t_c - tempo de concentração da bacia contribuinte;

A conformação do Hidrograma Unitário Sintético necessita ainda da determinação do tempo de base, fato este atrelado a observação de hidrogramas de diversas bacias. Tucci (2013) afirma que a constatação de diversos estudos para diversas bacias leva a adoção de um tempo de base da ordem de 2,67 vezes o tempo de pico do hidrograma. A Figura 1 apresenta a disposição gráfica de um Hidrograma Unitário Sintético típico.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Secretaria Municipal de
Infraestrutura

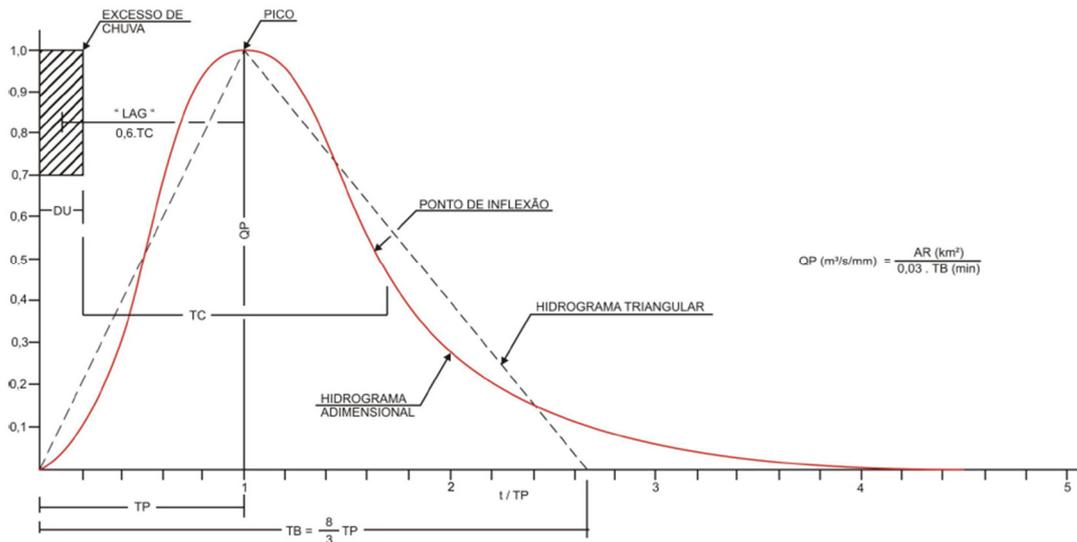


Figura 1: configuração típica de um Hidrograma Unitário Triangular Sintético (Fonte: DNIT, 2005).

Chuva de projeto

A chuva de projeto deve ser adequada à metodologia e deve ser aquela que representa a vazão afluente crítica ao sistema.

Determinada através das relações intensidade-duração-frequência (IDF) recomenda-se a adoção da Equação 7 apontada a seguir para estimativa da intensidade da curva de projeto.

$$i = \frac{2524,86 * T_r^{0,1359}}{(t + 20)^{0,948 * T_r^{-0,007}}} \quad \text{Equação 7}$$

Para a qual: i – representa a intensidade da precipitação em mm/h;

T_r – tempo de retorno do evento de projeto (anos);

t – duração da precipitação de projeto adotada em minutos.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Secretaria Municipal de
Infraestrutura

Para sistema de macrodrenagem recomenda-se adoção de valores recomendados nas instruções técnicas do DAEE.

Estudos Hidráulicos

As verificações hidráulicas dos dispositivos devem levar em consideração que o escoamento das águas ocorra sempre em condições determinadas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE.

Desta forma recomenda-se que as verificações da capacidade de escoamento dos diversos dispositivos hidráulicos possuam como hipótese as determinadas nas instruções técnicas válidas do DAEE.

Caso os dispositivos apresentem características que não permitam a consideração de escoamento uniforme, deve-se apresentar metodologia que permita a aferição das condições hidráulicas.

Dispositivos de lançamento

As verificações para lançamento das águas pluviais devem prever dissipação de energia que ocasionem velocidade máxima não superior ao limite recomendado para erosão do solo.

Os dispositivos de lançamento devem ser dimensionados em acordo com metodologias consagradas, devendo ser apresentadas características como velocidade máxima de escoamento e lâmina d'água na saída dos mesmos.

Os sistemas de lançamento devem ser projetados de forma que suas saídas não apresentem cota inferior às alturas d'águas máximas admissíveis nos cursos hídricos.

Estes dispositivos devem possuir características que minimizem manutenções e sempre que possível não possuam elementos que propiciem acúmulo de detritos.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

Secretaria Municipal de
Infraestrutura

PEÇAS GRÁFICAS

Peça gráfica com áreas contribuintes

Esta peça gráfica deve ser apresentada com a indicação clara das áreas contribuintes a cada dispositivo de captação, bem como afluentes ao sistema de galerias projetadas e/ou existentes.

Recomenda-se que esta peça contenha indicação clara dos elementos do sistema de drenagem e dos dispositivos hidráulicos avaliados com escala compatível.

Traçado em planta

Deve conter informações referentes ao sistema de macrodrenagem indicando no mínimo:

- Largura dos dispositivos, extensão e demais dimensões que permitam a implantação da obra;
- Indicação de ramais e galerias (enumerados, com indicação da extensão, diâmetro e declividade);
- Escala de apresentação 1:500 ou 1:1000.

Perfil Longitudinal

A peça gráfica com estas informações deve possuir:

- Cotas do terreno natural, greide projetado, cota de fundo das estruturas (incluindo altura dos degraus), diâmetro, declividade e extensão dos trechos;
- O alinhamento de galerias destinados ao escoamento de águas pluviais deve ocorrer sempre pela geratriz superior dos mesmos;

Detalhes construtivos

A peça gráfica com os detalhes construtivos deve permitir a execução dos serviços e possuir escala de apresentação em acordo com cada tipo de projeto.