

MEMORIA DE CALCULO - TRAVESSIA

Requerente:
Prefeitura Municipal de Capela do Alto
CNPJ: 46.634.077.0001/14

Localização: Rua Juvenal Moreira de Lara
Bairro: Cercadinho Municipal: Capela do Alto – SP

Micro Bacia Hidrográfica: Córrego do Barreirinho
Rio/ Córrego: Córrego da Casa Grande

Responsável Técnico:
Eng. Luis Caetano da Silva Schincariol
Crea: 5060730906

MAIO / 2019
CAPELA DO ALTO - SP

Introdução

O Projeto visa a implantação de uma travessia, por meio do uso de aduelas de concreto armado, para fins da reforma do sistema existente, que se mostra incompatível com a situação atual do local. A zona do micro bacia do “Córrego da Agua da Casa Grande” está passando por um processo de urbanização mudando assim os parâmetros de escoamento de agua da área.

O presente trabalho visa fornecer as devidas informações sobre os estudos hidrológicos e a verificação da vazão e cotas no período de cheia, para que assim possamos projetar uma tubulação devera suportar essa situação.

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos com base na carta do IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico).

Área de Drenagem

O cálculo da área de drenagem da micro bacia de contribuição foi feito através do software AutoCad Civil 3D, respeitando o limite que pode ser observado na carta do IGC.

Área de drenagem: 1,90 km²

Precipitação Média Anual

A precipitação média anual (Pm) na micro bacia hidrográfica foi determinada através dos dados do Banco de Dados Hidrológicos (tabela 1.1), disponível no site: www.sirgrh.sp.gov.br. Para feito de cálculo será utilizado 1300 mm/ano, com objetivo de aumento da vida útil da obra.

| Chuva Mensal (mm) / 1970 - 1995 | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|----------------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|--------|-----------|---------|-----------|----------|
| Prefixo: | E4-117 | Nome do posto: | | | Porto | Município: Capela do Alto | | Lat: | 23°33'00" | long: | 47°46'00" | |
| Ano | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Mai | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| 1970 | --- | --- | --- | --- | --- | 51,2 | 12,3 | 77,3 | 84,3 | 54 | 64,8 | 209,1 |
| 1971 | 82,1 | 76,6 | 130,5 | --- | 86,1 | 122,1 | 49,4 | 16,8 | 60,5 | --- | 29,9 | 211,1 |
| 1972 | 224,7 | 198,6 | 65,9 | 81,5 | 50,3 | 7,6 | 107,9 | 48,1 | 184,9 | 188,6 | 88,6 | 89,7 |
| 1973 | 185,6 | 194,9 | 103,8 | 18,6 | 46,6 | 42,2 | 48,7 | 26 | 78,7 | 121,2 | 129,1 | 339,4 |
| 1974 | 225,4 | 55,7 | 314,3 | 39,8 | 7,8 | 117,9 | 2,3 | 2,6 | 16 | 120,6 | 77,8 | 255,1 |
| 1975 | 163,5 | 242,9 | 66,9 | 18,8 | 25,3 | 2,7 | 54,3 | 6,6 | 84,6 | 134,1 | 115,1 | 109,6 |
| 1976 | 100,4 | 265,5 | 93,4 | 69,4 | 151,6 | 75,6 | 106,5 | 104,9 | 166,7 | 111,4 | 69,7 | 128 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1977 | 250,3 | 29 | 175,1 | 87,4 | 5,6 | 20,6 | --- | 4,2 | 44,1 | 40,4 | 207,5 | 214,9 |
| 1978 | 64 | 66,3 | 134,4 | 0 | 104,2 | 66,8 | --- | 1,5 | 28,3 | 53,7 | 176,8 | 144,5 |
| 1979 | 58,4 | 102,5 | 35,6 | 54,1 | 88,4 | 1,1 | 52,8 | 24,5 | --- | 69,2 | 30,9 | 154,2 |
| 1980 | --- | 254,6 | 67,8 | 87 | 10,1 | 63,5 | 24,9 | 20,8 | 53,9 | 34,4 | 104,1 | 195,5 |
| 1981 | --- | --- | 78,2 | 42,7 | 10,6 | 52 | 48,2 | 8,9 | 13,6 | --- | 85,8 | --- |
| 1982 | 133,9 | 156 | 99,9 | 35,8 | 46,9 | 159,5 | 57,9 | 34,7 | 20 | 274,5 | --- | --- |
| 1983 | 157,6 | 108,4 | 197 | 134,5 | 227,7 | 346,5 | 19 | 0,1 | 254,9 | 166,4 | 75,7 | 168,1 |
| 1984 | 156,2 | 8,4 | 47,1 | 104,7 | 98,3 | 0 | 11,5 | 35,5 | 101,8 | 9,5 | --- | 148,7 |
| 1985 | 21,1 | --- | 184 | 41,7 | 67,2 | 13,1 | 5,2 | 14,1 | 71,9 | 48,4 | 101,4 | 49 |
| 1986 | 147 | 291,1 | 172,5 | 40,2 | 93,2 | 8,6 | 14 | 160,3 | 8,2 | 27,3 | 181,2 | 234,4 |
| 1987 | 282,6 | 162,2 | 60,3 | 38,6 | 202,7 | 309,7 | 38 | 15,1 | 72,4 | 90 | 178,3 | 184,1 |
| 1988 | 161,2 | 187,6 | 141,2 | 95,7 | 207,6 | 40,4 | 2,6 | 0 | 36 | --- | 93,8 | 237,4 |
| 1989 | 356,9 | 174,2 | 139,1 | 43 | 34,1 | 41,3 | 257,8 | 34 | 80,1 | 42,9 | 99,3 | 129,6 |
| 1990 | 236,4 | 94,7 | 102 | 69,7 | 38,4 | 34,8 | 143,8 | 34,8 | 88,8 | 93,9 | 87,3 | 152,5 |
| 1991 | 218,7 | 222,4 | 221,8 | 90,3 | 57 | 71,9 | 13,8 | 63,6 | 51,9 | 189,2 | 31,7 | 183,6 |
| 1992 | 56,5 | 58,3 | 239,1 | 25,3 | 71,4 | 3,2 | 14,6 | 22,6 | 22,6 | 25,4 | 154,1 | 68,2 |
| 1993 | 102,5 | 231,5 | --- | 19,5 | 82,3 | 50,9 | 21,3 | 51,5 | 146,7 | 50,1 | 59,1 | 42,6 |
| 1994 | 97,3 | 83,7 | 43,4 | 18,7 | 26,4 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1995 | --- | 284 | 135,5 | 147,3 | 56,6 | 54,6 | 34,3 | 18,9 | 10,1 | 160 | 3,3 | 115,7 |
| Média: | 158,29 | 154,31 | 127,03 | 58,51 | 75,86 | 70,31 | 49,61 | 33,1 | 74,21 | 95,69 | 97,62 | 163,7 |

tabela 1.1

Pm: 1.300 mm/ano

Tempo de Concentração

Para o cálculo do tempo de concentração será utilizada a Fórmula do Califórnia Highways and Public Works (CHPW)

equação 1.1

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde: L é o comprimento do curso principal em Km;

H é a diferença de nível entre os pontos mais afastado da bacia e o ponto considerado;

| TEMPO DE CONCENTRAÇÃO | | | | |
|-----------------------|-------|----------|---------------|---------|
| PONTO | COTA | TALVEGUE | Δ COTA | TC |
| | (m) | (m) | (m) | (min) |
| A | 543,5 | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| B | 554,0 | 854,82 | 10,5 | 19,23 |
| C | 562,0 | 986,82 | 18,5 | 18,25 |
| D | 565,0 | 1077,54 | 21,5 | 19,07 |
| F | 575,0 | 1279,03 | 31,5 | 20,07 |
| G | 579,0 | 1393,88 | 35,5 | 21,16 |
| H | 613,0 | 1911,62 | 69,5 | 23,54 |
| I | 624,5 | 1922,99 | 81,0 | 22,34 |
| J | 595,5 | 1550,12 | 52,0 | 20,66 |
| K | 629,5 | 1882,17 | 86,0 | 21,30 |
| L | 611,5 | 1695,50 | 68,0 | 20,66 |
| M | 605,0 | 1450,74 | 61,5 | 17,94 |

tabela 2.2

Será utilizado o menor tempo de concretração fornecido pela tabela anterior, ou seja, o pior caso. Portanto, Tc adotado será de 17,94 min.

Intensidade das Precipitação

A Intensidade da precipitação (I) na micro bacia hidrográfica foi determinada através das “Equações de Chuvas Intensas do estado de São Paulo” feitas pela Secretária de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Foi utilizado o ponto mais próximo da localização da micro bacia em questão.

Nome da estação: Campo do Paiol – E5-062R/DAEE Município de Tatuí
Autor: Martinez e Magni (1999)

equação 2.1

$$i_{t,T} = 19,75 (t+20)^{-0,7872} + 5,511 (t+20)^{-0,7609} \cdot [-0,4766 - 0,8977 \ln \ln(T/T-1)]$$

Para $10 \leq t \leq 1440$

i: intensidade da chuva, em mm/min;

t: Duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos;

Chuva de projeto com base no plano diretor de macrodrenagem urbana do município de Capela do Alto.

Conhecendo o tempo de concentração e adotando um tempo de retorno de 100 anos.

I: 144,98 mm/h

Fator de Forma da Bacia (F)

O fator de forma (F) da bacia é o fator que relaciona a forma da bacia com um círculo de mesma área, ou seja, ele mede a taxa de alongamento da bacia. O fator é determinado pela fórmula:

equação 3.1

$$F = [L / 2 . (A/\pi)^{1/2}]$$

Onde: L= comprimento do talvegue em km

A= área da micro bacia de contribuição km²

F: 7,48

Coeficiente de Escoamento Superficial (C)

O coeficiente de escoamento superficial “C” a ser utilizado para cálculo da vazão máxima de cheia, através do método I-PAI-Wu, é subdividido em duas partes, sendo o coeficiente de formada da bacia (C1), determinado em função do fator de forma da bacia (F). E o coeficiente volumétrico de escoamento (C2), que é determinado em função do grau de impermeabilidade do solo, de acordo com as características do local.

equação 3.1

$$C1 = 4 / (2 + F)$$

C1: 0,42

O coeficiente de escoamento superficial C2 é obtido levando-se em consideração a ocupação da superfície do terreno em toda a área de contribuição presenciamos uma região de muita zona verde, sem urbanização em sua grande maioria, com exceção da área urbana do município de Capela do alto, que comparada a toda bacia hidrográfica é pouco significativa. A bacia hidrográfica como um todo é predominantemente rural e com pouca perspectiva de ocupação futura. Portanto, em função dessas características permite-se determinar o coeficiente volumétrico de escoamento (C) de 0,40, conforme indicado na Instrução Técnica DPO nº 02.

equação 4.1

$$C = \frac{2}{1 + F} \cdot \frac{C2}{C1}$$

C: 0,23

Coeficiente de distribuição Espacial (K)

A desigualdade de distribuição das chuvas na bacia será levada em conta mediante a aplicação de um coeficiente redutor (K) de distribuição de chuvas, obtidos mediante a interpolação de valores como a área de drenagem da bacia com o tempo de concentração. Está interpolação é realizada através do gráfico que consta no “Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo”, publicado pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, da Secretária de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento representado logo abaixo:

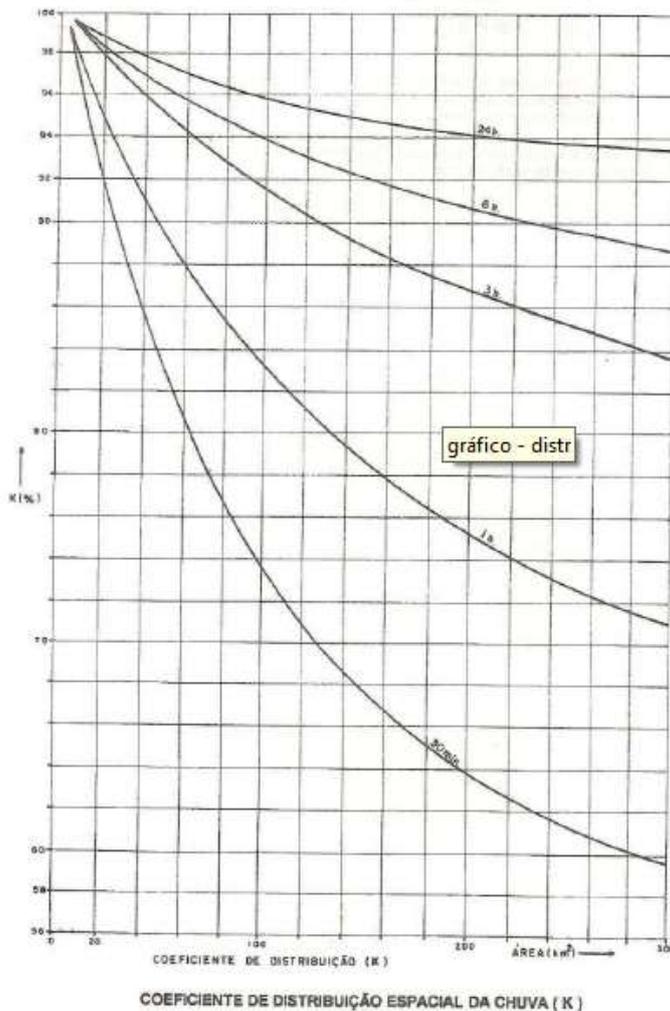


grafico 1.1

Devido ao fato da bacia ser pequena não é possível interpolar valores, portanto será adotado o maior valor possível. **K: 1**

Vazão Máxima de Cheia (Q)

É a vazão máxima calculada em função de uma precipitação intensa em um período de 100 anos de chance de acontecer. Esta vazão é determinada através da equação desenvolvida pelo Método I-Pai-Wu, sendo:

equação 5.1

$$Q: [0,2778 \times C \times I \times Ad^{0,9} \times K] \times 1,1$$

Onde: C= coeficiente de escoamento superficial

I= intensidade de precipitação, em mm/h

Ad = área de drenagem da bacia, km²

K= Coeficiente de distribuição espacial

Q: 18,16 m³/s

Dimensionamento da Travessia

A travessia a ser construída terá como premissa a utilização de aduelas de concreto armado, assentadas sobre uma base de concreto magro. Deverão ser construídos também, muros de ala de concreto, tanto na entrada quanto na saída da travessia e em seguida enrocamento de pedras para a transmissão da estrutura de concreto para seção natural do curso d'água, evitando-se, assim, processos erosivos junto às margens.

A seção natural deverá receber adequações de terraplenagem e ajustes na abertura de vão livre para assentamento das galerias celulares, inclinação dos taludes e reaterro das estruturas de concreto, de modo a viabilizar o trânsito interno do empreendimento.

Os critérios estabelecidos para os cálculos do dimensionamento da estrutura estão apresentados a seguir:

-Considerou-se a travessia como bueiro curto e, portanto, desprezou-se a perda de carga distribuída ao longo da galeria. Considerou-se a perda de carga apenas da entrada.

- Admite-se a seção de controle do fluxo na entrada do bueiro, com saída livre e escoamento em regime fluvial, tendo em vista a seção uniforme.

Cálculo da lâmina d'água normal: Equação de Manning

equação 6.1

$$Q_{M\acute{a}x} = Am/\eta \cdot Rh^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Dados: n= coeficiente de rugosidade 0,018

i= declividade 0,006 m/m

yn = profundidade normal 1,50 m

B= 2,5 m

Am= Área molhada 3,75 m²

Rh = Raio hidráulico 0,68 m

Pm = Perímetro molhado 5,50 m

Cálculo da Velocidade

equação 6.2

$$v = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot i^{0,5}$$

V: 3,33 m³/s

Cálculo da Vazão

equação 6.3

$$Q_r = v \cdot Am$$

Q: 12,48 m³/s será usado duas linhas

Q: 24,96 m³/s

Cálculo da Profundidade Crítica

equação 6.4

$$(Q_{max})^2 \cdot B / g \cdot Am^3 = 1,0$$

Qp = 24,96 m³/s

B = 5,00 m

g = 9,81 m/s³

yc : 1,875 m

Verificação do Regime de Escoamento: Número de Froude

equação 6.5

$$Fr = v / (g \cdot yn)^{0,5}$$

$$v = 3,33$$

$$yn = 1,50$$

Fr: 0,87 m

Fr < 1 : regime lento / fluvial

Fr = 1 : regime crítico - não ocorre ressalto hidráulico

Fr > 1 : regime rápido / torrencial

1 < Fr < 1,7 : esc. mont. ligeiramente abaixo da alt. crítica - tênue perturbação

1,7 < Fr < 1,9 : fase de pré ressalto hidr. Baixa taxa de dissip. Prever bacia com compr. pequena

1,9 < Fr < 2,5 : necessidade de bacia de dissip. por enrocamento

Fr > 2,5 : verificar/estudar qual o melhor tipo de bacia corresp. ao nº de Fr.

Cálculo da lâmina d'água na entrada da travessia: Equação de Bernoulli

equação 6.6

$$h1 = h2 + (v^2 \cdot 2g) \cdot (1+k)$$

$$h2 = 1,50 \text{ m}$$

$$v = 3,33 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}$$

k = 0,2 coeficiente de perda de carga

h1: 2,17 m

Verificação da relação Hw/ D:

Base da Galeria (B) = 2,50 m

Altura da Galeria (D) = 2,50 m

Relação Hw/D = 1,00 < 1,20

Dimensionamento do Enrocamento: Equação de Izbash

equação 6.7

$$D_{50} = \frac{v_{(3)}^2}{2 \cdot g \cdot C_{Iz}^2} \cdot \frac{Y_{ag}}{Y_{roc} - Y_{ag}}$$

$c = 0,9$ coef. De Izbash

$v = 3,33$ m/s

$g = 9,81$ m/s

$\gamma_{rocha} = 2,60$ g/cm³

$\gamma_{\text{água}} = 1,00$ g/cm³

D50: 0,45 m

Calculo do comprimento do Enrocamento.

equação 6.8

$$Fr_{(yn)} = v_{(yn)} / (g \cdot \gamma_{(n)})^{0,5}$$

$V = 3,33$ m/s

$G = 9,81$ m/s

$Y = 1,50$ m

Fr: 0,87 m

equação 6.9

$$L = 4,5 \cdot Fr_{(yn)} \cdot \gamma_{(n)}$$

L: 5,78 m

Resultados Obtidos

| Secção | Base (m) | Yn (m) | h1 (m) | Am (m ²) | Pm (m) | Rh | Q max (m ³ /s) | Veloc. (m/s) | Fr | REG. ESC. |
|--------|----------|--------|--------|----------------------|--------|------|---------------------------|--------------|------|-----------|
| TR | 5,00 | 1,50 | 2,17 | 3,75 | 5,50 | 0,68 | 24,96 | 3,33 | 0,87 | Fluvial |

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos permite-se concluir que em uma eventual precipitação para período de retorno de 100 anos, a cota máxima de cheia na travessia poderá atingir um nível d'água de 2,17m na entrada da estrutura e decrescer para 1,50m no interior da galeria, proporcionando ainda, uma borda livre de 0,56m com relação à face superior das aduelas de concreto armado.

A estrutura deverá possuir muros de ala tanto na entrada como na saída e ter uma declividade de 0,6%. A velocidade média será de 3,33 m/s.

A jusante da travessia deverá ser implantada também, uma estrutura de enrocamento, visando minimizar a energia do escoamento e compatibilizar a passagem para a seção natural do curso d'água, de modo a evitar possível formação de erosão.

Portanto, conclui-se que a travessia projetada para a implantação de sistema viário está de acordo com as exigências da Portaria DAEE nº. 717/96 de 12/12/1996 e Instruções Técnicas DPO, de números 01 a 04.

Responsável Técnico
Luis Caetano da Silva Schincariol
Engº Civil CREA nº 5060730906
ART: 28027230191421196

Proprietário
PREFEITURA MUNICIPAL DE
CAPELA DO ALTO
PÉRICLES GONÇALVES