

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA OBRA DE PONTE CLASSE 45 (TB 450) – NBR 7188

PONTE: 04_ MAJOR LEÔNIDAS CARDOSO

LOCAL: MAJOR LEÔNIDAS CARDOSO

RODOVIA: RUA MAJOR LEÔNIDAS CARDOSO

TRECHO: 22°53'19.25" S 48°26'17.55" W

SEGMENTO:

PROJETO EXECUTIVO VOLUME 1 – ESTUDOS PRELIMINARES

PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA OBRA DE PONTE CLASSE 45 (TB 450) – NBR 7188

PONTE: 04_ MAJOR LEÔNIDAS CARDOSO

LOCAL: MAJOR LEÔNIDAS CARDOSO

RODOVIA: RUA MAJOR LEÔNIDAS CARDOSO

TRECHO: 22°53'19.25"S 48°26'17.55"W

SEGMENTO:

PROJETO EXECUTIVO VOLUME 1 – ESTUDOS PRELIMINARES

Elaboração: HTC BRASIL Projetos, Obras e Empreendimentos Eireli-ME

Janeiro - 2021

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	4
1.1 Identificação da Empresa	4
1.2 Identificação da Contratante	4
1.3 Dados ordem de execução de serviço:.....	4
1.4 Identificação do Projeto	4
1.5 Identificação dos Locais	5
1.6 Equipe Técnica e Currículos.....	6
1.7 Anotação de Responsabilidade Técnica.....	7
2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS	9
2.1 Anotação de Responsabilidade Técnica.....	9
2.2 Introdução.....	10
2.3 Dados pluviométricos	10
3 DETERMINAÇÕES DA PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU	15
3.1 Considerações Complementares.....	17
4 MÉTODO I-PAI-WU	18
4.1 Teoria Aplicada - Hidrologia	21
4.2 Aferição e Calibração da Planilha.....	25
4.3 Teoria Aplicada – Dimensionamento Hidráulico	27
4.4 Aferição e Calibração da Planilha.....	28
5 VAZÃO DE CÁLCULO DA PONTE	30
6 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO.....	31
7 REFERÊNCIAS CONSULTADAS E/OU UTILIZADAS DA HIDROLOGIA	32
8 PROJETO TOPOGRÁFICO	34
9 SONDAGEM	36
10 TERMO DE ENCERRAMENTO	43

1 APRESENTAÇÃO

1.1 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA

HTC BRASIL PROJETOS, OBRAS E EMPREENDIMENTOS - EIRELI/ME – CREA PR 57734.

CNPJ 19.504.306/0001-03 – Inscrição Estadual 90652301-91

Rua Romano Ranieri, 266, Jd Granville

CEP 86200-000 - Ibiporã / PR,

Fone (43) 3066-1700.

Responsável Técnico – Engº Civil Especialista Marcelo Augusto C. P.

Quintanilha, CREA PR-20.795/D.

1.2 IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE

PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU

Rua General Telles, nº 1434

CEP:18602-120 – Centro – Botucatu/SP

Fone (14) 3811-1516

1.3 DADOS ORDEM DE EXECUÇÃO DE SERVIÇO:

- Contrato Nº 346/2020
- Prazo de execução: 90 dias corridos contados a partir da data do contrato;
- Ordem de Execução datada de 18/11/2020

1.4 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Contratação de Empresa Especializada Para Execução de Projeto Executivo de 06 (seis) pontes sobre o Rio Lavapés no município de Botucatu/SP
Sendo o presente relatório de estudos preliminares sobre a Ponte Major Leônidas Cardoso

1.5 IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS

Figura 1 - Local da Ponte – Rua Professor Gustavo Dias Assunção – BOTUCATU / SP



Endereço para correspondência: Av. Ayrton Senna da Silva, 300, sala 211 - Ed Palhano Business Center – Gleba Palhano - CEP 86050-460 Londrina / PR

Endereço da sede: Rua Romano Ranieri, 266, Jardim Granville - CEP 86200-000 Ibiaporã / PR

Fone (43)3066-1700 – Email – comercial@htcbrasil.net – www.htcbrasil.net

CNPJ: 19.504.306/0001-03 - INSC. EST:90.652.301-91.

Bem Aventurado o homem a quem o Senhor não imputa maldade e em cujo espírito não há engano.

1.6 EQUIPE TÉCNICA E CURRÍCULOS

Especialista Marcelo Augusto C. P. Quintanilha.

O profissional responsável técnico pela execução e coordenação dos serviços é o Professor Engenheiro Civil Especialista MARCELO AUGUSTO C. P. QUINTANILHA, CREA PR-20.795/D.

Atuando há 30 anos no ramo de Obras de Arte Especiais, na elaboração de Projetos e Construção de Pontes, Viadutos e Passarelas.

Autor do projeto da Ponte Classe 45 sobre o Rio Barra Grande em Ortigueira/PR. Considerada uma das pontes mais altas do Brasil com 60 metros de altura.

- Autor do Programa PONTE FÁCIL para Cálculo e Dimensionamento de pontes.
- Autor do Programa VIGA FÁCIL CP para Dimensionamento de Concreto Protendido e/ou Armado.
- Professor da cadeira de Pontes para curso para Pós-Graduação – Faculdade Pitágoras – Grupo KROTON.
- Professor da cadeira de Concreto Protendido para Pós-Graduação – Faculdade Pitágoras – Grupo KROTON.
- Professor da cadeira de Análise Estrutural com Modelagens Elementos Finitos para Pós-Graduação – Faculdade Pitágoras – Grupo KROTON.
- Professor da cadeira de pontes para Graduação – Faculdade Pitágoras – Grupo KROTON.
- Pós-Graduado pela Universidade Estadual de Londrina em:
 - Projeto e Construção de Pontes;
 - Projeto de Estruturas Protendidas;
 - Projeto de Estruturas Especiais de Concreto Armado;
 - Projeto de Estruturas Especiais de Aço;
 - Projeto de Estruturas Especiais de Madeira;
 - Projeto de Formas e Escoramentos;
 - Análise Estrutural por Computadores;
 - Patologia e Recuperação de Estruturas;
 - Metodologia da Pesquisa em Engenharia de Estruturas;
 - Gestão de Qualidade de Projetos Estruturais;
 - Tópicos Especiais em Engenharia de Estruturas
- Professor Eleito pelo CREA / PR como Educador Destaque de 2017.

1.7 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PR

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná

Página 1/1

ART de Obra ou Serviço
1720205305117

1. Responsável Técnico

MARCELO AUGUSTO CRUZ PIMENTA QUINTANILHA

Título profissional:
ENGENHEIRO CIVIL

RNP: 1701902877

Carteira: PR-20795/D

Registro/Visto: 57734

Empresa Contratada: **HTC BRASIL - PROJETOS, OBRAS E EMPREENDIMENTOS - EIRELI - ME**

2. Dados do Contrato

Contratante: **PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU**

CNPJ: 46.634.101/0001-15

PC PROFESSOR PEDRO TORRES 100 - PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU, 100
CENTRO - BOTUCATU/SP 18600-900

Contrato: 346/2020

Celebrado em: 18/11/2020

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica (Direito Público) brasileira

3. Dados da Obra/Serviço

RUA ROMANO RANIERI, 266

JD GRANVILLE - IBIPORA/PR 86200-000

Data de Início: 18/11/2020

Previsão de término: 16/02/2021

Finalidade: Infra-estrutura

Proprietário: **PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU**

CNPJ: 46.634.101/0001-15

4. Atividade Técnica

Elaboração em BIM

[Coleta de dados, Condução de serviço técnico, Coordenação, Detalhamento, Dimensionamento, Direção de

serviço técnico, Elaboração de orçamento, Especificação, Estudo, Levantamento, Planejamento, Projeto] de pontes

[Projeto] de acessibilidade de edificação para fins diversos

[Projeto] de fundações profundas em estacas de concreto moldadas in loco

[Projeto] de contenções em gabião

[Projeto] de estrutura de concreto protendido

[Projeto] de canais

[Projeto] de caracterização de bacias hidrográficas

[Projeto] de volume/área de aterros - terraplenagem

[Projeto] de galerias de dutos

[Projeto] de infraestrutura para vias urbanas

[Projeto] de pavimentação asfáltica para vias urbanas

[Projeto] de pontes

Quantidade	Unidade
6,00	UNID
1200,00	M2
1200,00	METRO
1800,00	M2
600,00	M3
300,00	METRO
88640000,00	M2
1200,00	M3
2400,00	METRO
2400,00	METRO
2400,00	METRO
120,00	METRO

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

Estaca Raiz Ø400mm : 40% em CAT1; 30% CAT2 e 30% CAT3

6. Declarações

Acessibilidade: Declara a aplicabilidade das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local **IBIPORA** de **18** de **NOVEMBRO** de **2020**

MARCELO AUGUSTO CRUZ PIMENTA QUINTANILHA - CPF: 559.855.809-20

PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU - CNPJ: 46.634.101/0001-15

8. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, conforme informações no rodapé deste formulário ou conferência no site www.crea-pr.org.br.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-pr.org.br ou www.confes.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

Acesso nosso site www.crea-pr.org.br

Central de atendimento: 0800 041 0067



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná

Valor da ART: R\$ 233,94

Registrada em : 25/11/2020

Valor Pago: R\$ 233,94

Nosso número: 2410101720205305117

A autenticidade desta ART pode ser verificada em <https://servicos.crea-pr.org.br/publico/art>
Impresso em: 16/12/2020 16:39:11

www.crea-pr.org.br



HIDROLOGIA

2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos, sob Responsabilidade Técnica da Eng^a Ambiental Fernanda Bezerra Mangili CREA PR-134410/D, fornecerão dados para o cálculo hidráulico da altura máxima de cheias e velocidade d'água para o dimensionamento estrutural da ponte.

2.1 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PR

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná

Página 1/1
ART de Obra ou Serviço
1720205375832

Subcontratação/Subempreitada à 1720205305117
Equipe à 1720205305117

1. Responsável Técnico

FERNANDA BEZERRA MANGILI

Título profissional:

ENGENHEIRA AMBIENTAL, ENGENHEIRA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

RNP: **1712501194**

Carteira: **PR-134410/D**

2. Dados do Contrato

Contratante: **HTC BRASIL - PROJETOS, OBRAS E EMPREENDIMENTOS - EIRELI - ME**

CNPJ: **19.504.306/0001-03**

RUA ROMANO RANIERI, 266
JD. GRANVILLE - IBIPORA/PR 86200-000

Contrato: 017.17.10/2020

Celebrado em: 17/11/2020

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica (Direito Privado) brasileira

3. Dados da Obra/Serviço

R OMAR MAZZEI GUIMARAES, 74
BLOCO 06, SALA 303 JARDIM MARIA LUIZA - LONDRINA/PR 86080-511

Data de Início: 18/11/2020

Previsão de término: 18/02/2021

Coordenadas Geográficas: -23,279083 x -51,185596

Finalidade: Ambiental

Proprietário: **PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU**

CNPJ: **46.634.101/0001-15**

4. Atividade Técnica

Elaboração

[Análise, Coleta de dados, Dimensionamento, Levantamento, Projeto] de diagnóstico e caracterização ambiental

Quantidade

100,00

Unidade

KM2

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DE 6 PONTES

7. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local

, de

data

de

Fernanda B. Mangili

FERNANDA BEZERRA MANGILI - CPF: 373.727.968-30

HTC BRASIL - PROJETOS, OBRAS E EMPREENDIMENTOS - EIRELI - ME - CNPJ:
19.504.306/0001-03

8. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, conforme informações no rodapé deste formulário ou conferência no site www.crea-pr.org.br.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-pr.org.br ou www.confea.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

Acesso nosso site www.crea-pr.org.br
Central de atendimento: 0800 041 0067



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná

Valor da ART: R\$ 88,78

Registrada em : 26/11/2020

Valor Pago: R\$ 88,78

Nosso número: 2410101720205375832

Endereço para correspondência: Av. Ayrton Senna da Silva, 300, sala 211 - Ed Palhano Business Center - Gleba Palhano - CEP 86050-460 Londrina / PR

Endereço da sede: Rua Romano Ranieri, 266, Jardim Granville - CEP 86200-000 Ibiporã / PR

Fone (43)3066-1700 - Email - comercial@htcbrasil.net - www.htcbrasil.net

CNPJ: 19.504.306/0001-03 - INSC. EST: 90.652.301-91.

Bem Aventurado o homem a quem o Senhor não imputa maldade e em cujo espírito não há engano.

Página 9 de 43

2.2 INTRODUÇÃO

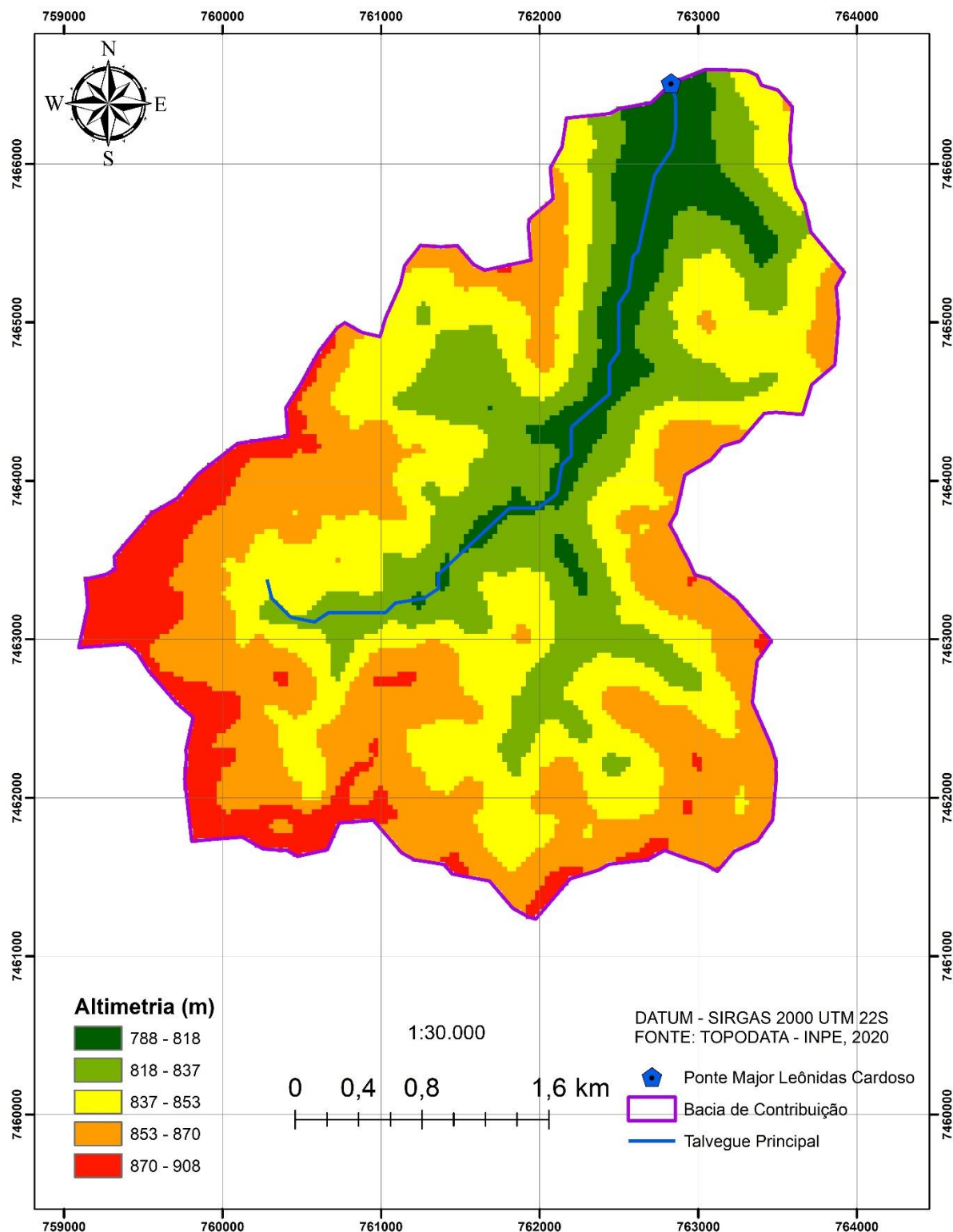
O presente estudo tem como objetivo apresentar os métodos e procedimentos com levantamentos e cálculos para dimensionamento e fixação das seções de vazão das obras-de-arte especiais (pontes) e possíveis dispositivos de drenagem envolvendo obras-de-arte correntes e/ou superficiais.

O escopo principal é a fixação das seções de vazão da ponte.

2.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para obtenção de dados da área da Bacia Hidrográfica, comprimento do talvegue principal, e diferença de altimetria, foi utilizado o software gratuito QGIS 3.4.2, utilizando shapes do IBGE (2017) (<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>) – Limites do município, e imagem disponibilizadas gratuitamente do INPE – no endereço do TOPODATA – Bancos de Dados Geomorfométricos do Brasil (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>).

Figura 2– Altimetria da Bacia de Contribuição.



Fonte: INPE, 2020.

Quadro 1 – Dados do local de estudo

Bacia	
Área (km²)	14,8
ΔH (m)	53
Talvegue principal	
Comprimento (km)	4,58

Para o valor de intensidade máxima, foi utilizado de acordo com o Manual do DAEE, item 4.8- Equação de precipitações intensas para Botucatu, pois é o posto pluviométrico mais próximo ao local de estudo.

Nome da estação/Entidade: Botucatu -D5-059/DAEE

Autor: Martinez e Magni (1999)

Coordenadas geográficas: Lat. 22°57" S; Long.: 48°26" W.

Altitude: 873 m:

Duração da estação: 1966-1997

Período de dados: 1967;1790-82; 1984-91; 1993-97 (27 anos).

Conforme os estudos realizados por Martinez e Magni (199) e o posto pluviométrico em questão, chegou-se na seguinte equação para a intensidade máxima:

$$i_{t,T} = 30,68 (t+20)^{-0,8563} + 3,97 (t+10)^{-0,7566} \cdot [-0,4754 - 0,8917 \ln \ln(T/T-1)]$$

para $10 \leq t \leq 1440$

Onde: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

Os dados foram processados estatisticamente para fornecer os valores máximos de precipitações ocorridos em um período de 24 horas – PDMA, para análise das Alturas de Chuvas e Tempo de Duração, Curva de Intensidade com Duração e

Frequência (Tempo de Retorno - TR).

2.3.1 Determinação da Equação de Intensidade – Duração – Frequência.

Através da interpolação da intensidade de chuva do manual da DAEE, foi possível obter o Quadro e a Figura abaixo das IDF's.

Quadro 2 – Precipitações linearizadas do local de estudo variando com o tempo de duração em minutos e o tempo de retorno em anos de cada evento.

IDF - BOTUCATU - D5-059/MDAEE								
Minutos/TR	TR 2	TR 5	TR 10	TR 15	TR 20	TR 50	TR 100	TR 200
10	96,37	121,32	137,85	147,17	153,70	174,21	189,59	204,90
20	75,49	93,86	106,01	112,87	117,68	132,77	144,09	155,36
30	62,42	77,19	86,97	92,49	96,35	108,50	117,60	126,66
60	41,77	51,44	57,85	61,46	63,99	71,94	77,90	83,84
120	25,86	31,91	35,92	38,18	39,77	44,75	48,48	52,19
180	19,04	23,58	26,59	28,29	29,48	33,21	36,01	38,80
360	10,97	13,72	15,53	16,56	17,28	19,53	21,22	22,91
720	6,19	7,83	8,91	9,53	9,96	11,31	12,32	13,32
1080	4,40	5,61	6,41	6,87	7,18	8,18	8,93	9,67
1440	3,45	4,43	5,07	5,44	5,69	6,49	7,10	7,70

Do ponto de vista para projeto da ponte, interessa-se as curvas TR 100 (Tempo de recorrência 100 anos) e as TRs 10 e 50 anos para dispositivos de drenagem da ponte.

Figura 3-IDF

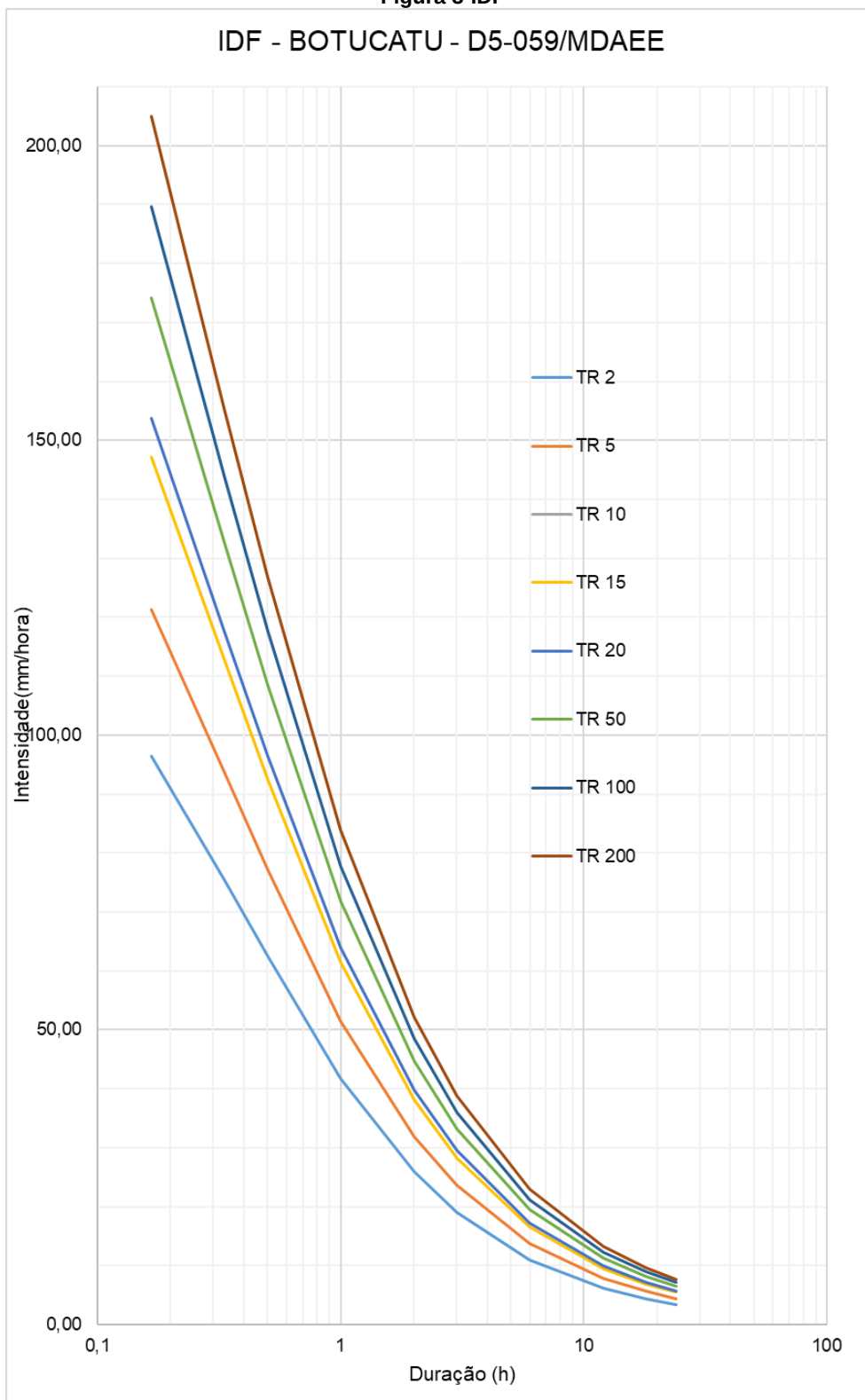


Figura 4 – IDF

3 DETERMINAÇÕES DA PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU

A Prefeitura Municipal de Botucatu, por intermédio de sua equipe técnica e fiscalização, solicitou que fosse utilizado a Equação de precipitações fornecido pelo DAEE cujo Manual “PRECIPITAÇÕES INTENSAS / 2018” no item 4.8 apresenta:

4.8 Equação de precipitações intensas para Botucatu

Nome da estação/ Entidade: Botucatu – D5-059M/ DAEE

Autor: Martinez e Magni (1999)

Coordenadas geográficas: Lat. 22° 57'S; Long. 48° 26'W

Altitude: 873 m

Duração da estação: 1966-1997

Períodos de dados: 1967; 1970-82; 1984-91; 1993-97 (27 anos).

$$i_{t,T} = 30,68 (t+20)^{-0,8563} + 3,97 (t+10)^{-0,7566} \cdot [-0,4754 - 0,8917 \ln \ln(T/T-1)]$$

para $10 \leq t \leq 1440$

Onde: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

Tabela 4.15 – Botucatu: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	96,4	121,3	137,8	147,1	153,7	158,7	174,1	189,5	204,8
20	75,5	93,9	106,0	112,9	117,6	121,3	132,7	144,0	155,3
30	62,4	77,2	87,0	92,5	96,3	99,3	108,5	117,5	126,6
60	41,8	51,4	57,8	61,4	64,0	65,9	71,9	77,9	83,8
120	25,9	31,9	35,9	38,2	39,8	41,0	44,7	48,5	52,2
180	19,0	23,6	26,6	28,3	29,5	30,4	33,2	36,0	38,8
360	11,0	13,7	15,5	16,6	17,3	17,8	19,5	21,2	22,9
720	6,2	7,8	8,9	9,5	10,0	10,3	11,3	12,3	13,3
1080	4,4	5,6	6,4	6,9	7,2	7,4	8,2	8,9	9,7
1440	3,5	4,4	5,1	5,4	5,7	5,9	6,5	7,1	7,7

Os dados e equações que serão usadas são de inteira responsabilidade do DAEE e Prefeitura Municipal de Botucatu.

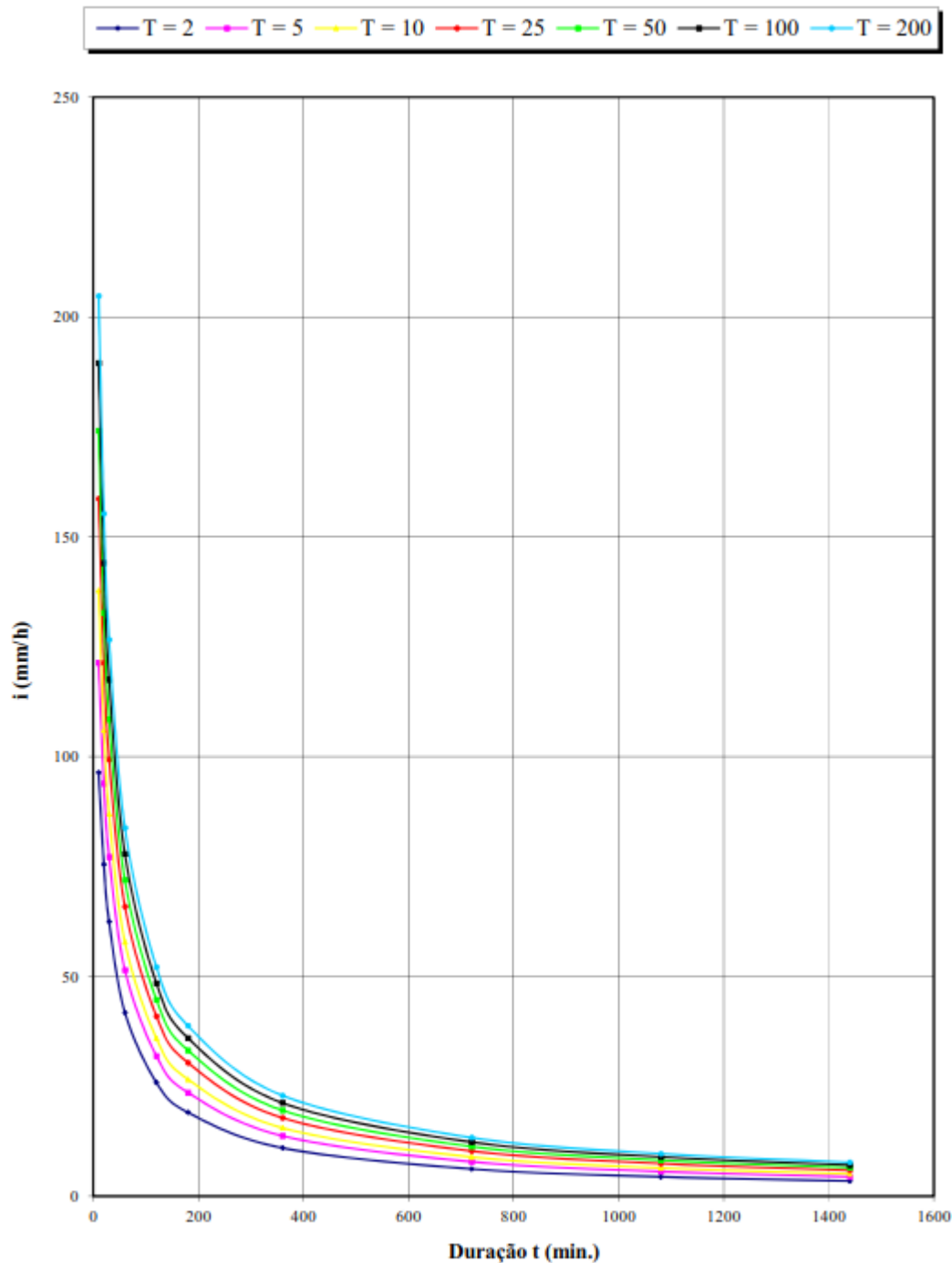


Figura 4.15 - BOTUCATU: CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO T (ANOS)

3.1 CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES

Apenas para conhecimento, os valores apresentados pelo DAEE 2018, foram levantados e calculados por Martinez e Magni em 1.999 conforme abaixo:

Figura 5 - COLETÂNEA DAS EQUAÇÕES DE CHUVA DO BRASIL - [Aparecido Festi]

Após coleta, análise de consistência e tratamento estatístico dos dados foi obtida por Martinez e Magni (1999) os coeficientes para as equações de chuvas intensas, das diversas estações pluviográficas analisadas, apresentados na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Coeficientes da equação 102, das diversas estações pluviográficas analisadas.

LOCALIDADE		COEFICIENTES							
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
ANDRADINA		34,5743	20	-0,8809	2,6906	10	-0,6683	-0,4766	-0,8977
ARARA- QUARA	$10 \leq t \leq 105$	32,4618	15	-0,8684	2,1429	15	-0,5482	-0,4772	-0,9010
	$105 < t \leq 1440$	32,4618	15	-0,8684	18,4683	15	-0,9984	-0,4772	-0,9010
BAURU		35,4487	20	-0,8894	5,9664	20	-0,7749	-0,4772	-0,9010
BOTUCATU		30,6853	20	-0,8563	3,9660	10	-0,7566	-0,4754	-0,8917
BRAGANÇA		33,7895	30	-0,8832	5,4415	10	-0,8442	-0,4885	-0,9635
CACHOEIRA		57,1456	30	-0,9495	22,7285	30	-0,9986	-0,4716	-0,8716
CAMPOS JORDÃO	DO	19,1535	15	-0,7928	2,0341	5	-0,6590	-0,4778	-0,9046

4 MÉTODO I-PAI-WU

O método I-Pai-Wu, preconizado pela Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos – Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, para cálculo da Vazão de Projeto desenvolvido em conjunto com USP – Depto de Engenharia Hidráulica e Sanitária:

Figura 6: Treinamento - Obras Hidráulicas sujeitas à Outorga – DAEE / EPUSP - 2012



SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO

Treinamento – Obras Hidráulicas Sujeitas à Outorga

Conceitos Teóricos – Vazão de Projeto

*Silvana Susko Marcellini
Alexandre Nunes Roberto
Francisco E. Nunes Gusso
Mario Kiyochi Nakashima*

13 a 15 de Agosto/ 2012

Recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO
Contrato FEHIDRO nº 188/2011

LabSid Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisão do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP

FUNDAÇÃO
CENTRO
TECNOLÓGICO
DE HIDRÁULICA
<http://www.fcth.br>

Figura 7: Visão Geral - Dimensionamento - DAEE / EPUSP - 2012



Figura 8: Determinação das Vazões Máximas - DAEE / EPUSP - 2012

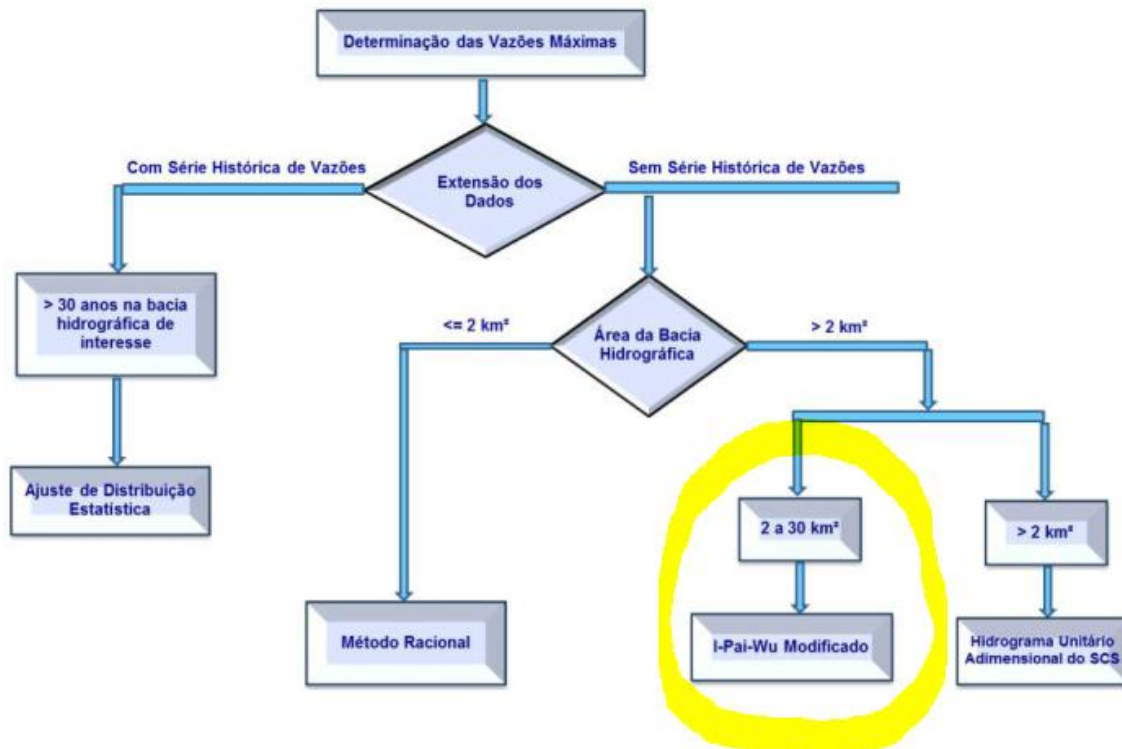


Figura 9: Métodos - Vazões de Projeto - DAEE / EPUSP - 2012

• **Métodos Indiretos – Vazões de Projeto**

- ▶ Para bacias pequenas até 2 km² - Método Racional (A, L, S, C,Tr, tc e IDF);
- ▶ Para bacias com áreas de drenagem de 2 a 30 km² - **Método I-Pai-Wu Modificado** (A, L, S, C2,Tr, tc e IDF);
- ▶ Para bacias com área superior a 2 km² - Método do Hidrograma Unitário Adimensional do Soil Conservation Service (A, L, S, CN,Tr, tc e IDF);

4.1 TEORIA APLICADA - HIDROLOGIA

Em atenção à solicitação da fiscalização da Prefeitura Municipal de Botucatu, que fosse apresentado “memorial de cálculo detalhado com citações e referências às premissas de cálculo consideradas”, as premissas de cálculo, referências e citações são:

- [1] YOSHIKANE, Prof. Hiroshi - **ESTUDO HIDROLÓGICO** – FT – UNICAMP / 2010.
- [2] TOMAZ, Engº Plínio – **CURSO DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS – MÉTODO I-PAI-WU**, 2010
- [3] MÉLLO, Prof. Dr. Arisvaldo V. – **HIDROGRAMA UNITÁRIO** – USP.
- [4] QUINTANILHA, Prof. Especialista Marcelo Augusto – **HIDROLOGIA APLICADA ÀS OBRAS DE ARTES EPECIAIS** – Faculdade Pitágoras – Londrina / 2014.

Conforme material do Engº Plínio Tomaz, segue de forma literal as formulações que são implementadas nas planilhas de cálculo elaboradas pela HTC BRASIL cujo conteúdo, forma e conhecimento são ministrados na Faculdade Pitágoras pelo Prof. Especialista Marcelo Augusto Quintanilha, autor deste projeto. Tais equações são plenamente identificáveis nas imagens das planilhas de cálculo que irão integrar o presente memorial. As planilhas não serão fornecidas por questões de direitos autorais, devido às linhas de programação desenvolvidas [Algoritmos e Fontes]. Entretanto, podem ser perfeitamente desenvolvidas com o material abaixo da mesma forma com a qual a HTC BRASIL elaborou seus materiais.

4.1.1 DO MATERIAL DE [2] – Plínio Tomaz:

Usando os ensinamentos do prof. Hiroshi Yoshizane da Unicamp de Limeira. O método de I PAI Wu é o método Racional que sofre algumas modificações, permitindo cálculos de bacias hidrográficas de 2 km² até 200 km².

a) Equação básica do Método I PAI Wu é:

Figura 10: Equação básica - [2]

$$Q = (0,278.C.I.A^{0,9}).K$$
$$Q_{\text{pico}} = Q_b + Q$$

Sendo:

Q= vazão de pico (m³/s)

Q_b= vazão base (m³/s). Se não tiver informação adotar 0,1xQ.

I= intensidade de chuva (mm/h)

C= coeficiente de escoamento superficial (adimensional)

A= área da bacia (km²) ≤ 200km²

K= coeficiente de distribuição espacial da chuva (adimensional)

Para achar o coeficiente K precisamos de um **ábaco especial** feito pelo DAEE no Estado de São Paulo.

b) Coeficiente de escoamento superficial - C

Figura 11: Coeficiente de Escoamento Superficial - [2]

O coeficiente C é calculado pela seguinte equação:

$$C = (C_2 / C_1) \cdot 2 / (1 + F)$$

Sendo:

C= coeficiente de escoamento superficial

C₂= coeficiente volumétrico de escoamento

C₁= coeficiente de forma

F= fator de forma da bacia

c) Coeficiente de forma - C₁

Figura 12: Coeficiente de Forma C₁ - [2]

$$C_1 = t_p / t_c = 4 / (2 + F)$$

t_p= tempo de pico de ascensão (h)

t_c= tempo de concentração (h)

d) Fator de forma da bacia - F

Figura 13: Fator de Forma - F : [2]

$$F = L / [2 (A/\pi)^{0,5}]$$

Sendo:

L= comprimento do talvegue (km)

A= área da bacia (km²)

F= fator de forma da bacia

Conforme Morano, 2006 quando:

F=1 a bacia tem formato circular perfeito

F<1 a bacia tem forma circular para a elíptica e o seu dreno principal está na transversal da área.

F>1 a bacia foge da forma circular para elíptica e o seu dreno principal está na longitudinal da área.

e) Coeficiente C₂Figura 14: Coeficiente C₂ - DAEE - [2]**Coeficiente C₂**

O coeficiente volumétrico de escoamento ocorre em função do grau de impermeabilidade da superfície conforme DAEE, São Paulo, 1994.

Podemos adotar C₂=0,30 para grau baixo de impermeabilização; C₂=0,50 para grau médio e C₂=0,80 para grau alto conforme Tabela (66.1).

Para estimar o coeficiente C₂ consultar a Tabela (66.1).

Tabela 66.1- Grau de impermeabilização do solo em função do uso.

Grau de impermeabilidade da superfície	Coeficiente volumétrico de escoamento C ₂
Baixo	0,30
Médio	0,50
Alto	0,80

Fonte: DAEE, 1994

f) Ábaco para coeficiente K – Distribuição Espacial das Chuvas – DAEE

Figura 15: Coef. de Distribuição Espacial das Chuvas - k - DAEE - [2]

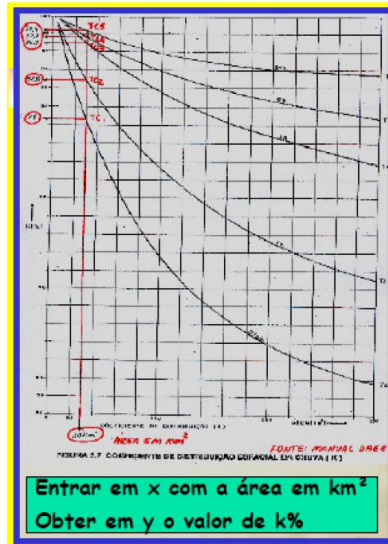


Figura 66.2- Ábaco para achar o valor de K.
Entrar com área da bacia em Km² e com tc achar K

g) Tempo de Concentração

Figura 16: Tempo de Concentração - tc - [2]

Usamos normalmente a equação de Kirpich que foi recomendada pelo prof. dr. Kokei Uehara em 1969 para uso no método de I Pai Wu..

$$tc = 57 \times (L^2 / S)^{0,385}$$

Sendo:

tc= tempo de concentração (min)

L= comprimento do talvegue (km)

S= declividade equivalente do talvegue (m/Km)

h) Volume do Hidrograma

Figura 17: Volume do Hidrograma - [2]

O volume do hidrograma conforme prof Hiroshi Yoshizane da UNICAMP, pode ser calculado pela equação:

$$V = (0,278 \times C_2 \times I \times tc \times 3600 \times A^{0,9} \times K) \times 1,5$$

Sendo:

V= volume do escoamento (m³)

C₂= coeficiente volumétrico do escoamento (adimensional)

I= intensidade da chuva crítica (mm/h)

tc= tempo de concentração (h)

A= área da bacia (km²)

K= coeficiente de distribuição espacial (adimensional)

4.2 AFERIÇÃO E CALIBRAÇÃO DA PLANILHA

Para demonstrar a precisão, aferição e calibração da planilha de cálculo da HTC BRASIL, segue comparativo: Plínio Tomaz / HTC BRASIL.

4.2.1 Cálculo do Prof. Plínio Tomaz

Figura 18: Cálculo da Vazão de Projeto - [2]

Curso de Manejo de águas pluviais
Capítulo 66- Método de I PAI WU
Engenheiro Plínio Tomaz 29 de novembro de 2010 pliniotomaz@uol.com.br

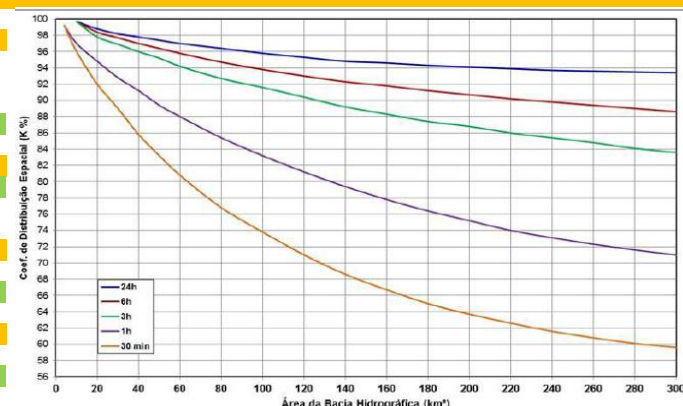
Exemplo 66.1

Dimensionar a vazão do rio Baquirivu Guaçu junto a ponte da Via Dutra. A área tem $149,80\text{km}^2$, declividade média $S=0,002825\text{m/m}$, $L=22,3\text{km}$ (talvegue), $t_c=6,95\text{h}$.

Tabela 66.2- Cálculos do I PAI WU

Tr (anos)	100
K	1747,9
A	0,181
B	15
C	0,89
tc (min)	417,28
I (mm/h)	18,14
Qb (m³/s)	35,34
Talvegue(km)	22,30
Decl (m/m)	0,002825
Decl (m/km)	2,8250
Kirpich tc (min)	417,28
tc (h)	6,95
A (km²)	149,8
F	1,61
C₁	0,60
C₂	0,80
C	0,81
Ábaco K	0,95
Q (m³/s)	353,4
Qp (m³/s)	388,79

4.2.2 Cálculo HTC BRASIL – AFERIÇÃO DO SISTEMA

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO																																																											
OBRA: PONTE DA VIA DUTRA - AFERIÇÃO COM Prof. Plínio Tomaz LOCAL: Rio Baquirivu Guaçu - Via Dutra CLIENTE: DEMONSTRATIVO DE AFERIÇÃO DE CÁLCULO.																																																											
1) Características físicas da bacia de contribuição:			2) Declividade Equivalente																																																								
1.1) Área.....A = 149,800 Km² 1.2) Comprimento do talvegue L = 22.300,00 m 1.3) Cotas Cota Máxima = 851,70 Cota Mínima = 788,70			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ponto</th> <th>Cota (m)</th> <th>Δh (m)</th> <th>ΔL (m)</th> <th>J=Δh/ΔL</th> <th>ΔL/VJ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>851,70</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>1</td><td>788,70</td><td>63,00</td><td>22.300,00</td><td>0,00283</td><td>419561,5073</td></tr> <tr><td>2</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>4</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>5</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>6</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr> <td colspan="2">Σ=</td> <td></td> <td>22.300,00</td> <td></td> <td>419.561,51</td> </tr> </tbody> </table> Declividade Equivalente - $S = \left[\frac{\sum \Delta L}{\sum L_i / \sqrt{J_i}} \right]^2$ 0,002825 m/m 0,283%			Ponto	Cota (m)	Δh (m)	ΔL (m)	J=Δh/ΔL	ΔL/VJ	0	851,70	-	-	-	-	1	788,70	63,00	22.300,00	0,00283	419561,5073	2	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	Σ=			22.300,00		419.561,51
Ponto	Cota (m)	Δh (m)	ΔL (m)	J=Δh/ΔL	ΔL/VJ																																																						
0	851,70	-	-	-	-																																																						
1	788,70	63,00	22.300,00	0,00283	419561,5073																																																						
2	-	-	-	-	-																																																						
3	-	-	-	-	-																																																						
4	-	-	-	-	-																																																						
5	-	-	-	-	-																																																						
6	-	-	-	-	-																																																						
Σ=			22.300,00		419.561,51																																																						
3) Tempo de Concentração (tc) - Fórmula de "Kirpich" - Macro bacia			4) Chuva crítica																																																								
Para determinação do tempo de concentração, será adotada a equação: $tc = 57 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$ Onde Comprimento do Talvegue - L = 22,30 Km Declividade Equivalente - S = 2,83 m/Km Tempo de Concentração - tc = 417,28 minutos tc = 6,95 horas			Intensidade, Duração, Frequencia - IDF - equação geral $i_{max} = \frac{K * T_R^m}{(t + t_0)^n}$ <table border="1"> <tbody> <tr><td>K=</td><td>1.747,90</td><td></td></tr> <tr><td>Tr=</td><td>100,00</td><td>anos</td></tr> <tr><td>tc=t=</td><td>417,28</td><td>min</td></tr> <tr><td>t0=</td><td>15,00</td><td>min</td></tr> <tr><td>m=</td><td>0,181000</td><td></td></tr> <tr><td>n=</td><td>0,890000</td><td></td></tr> <tr><td>i máx=</td><td>18,14</td><td>mm/h</td></tr> <tr><td>i máx=</td><td>0,30</td><td>mm/min</td></tr> </tbody> </table>			K=	1.747,90		Tr=	100,00	anos	tc=t=	417,28	min	t0=	15,00	min	m=	0,181000		n=	0,890000		i máx=	18,14	mm/h	i máx=	0,30	mm/min																														
K=	1.747,90																																																										
Tr=	100,00	anos																																																									
tc=t=	417,28	min																																																									
t0=	15,00	min																																																									
m=	0,181000																																																										
n=	0,890000																																																										
i máx=	18,14	mm/h																																																									
i máx=	0,30	mm/min																																																									
5) Vazão de Projeto																																																											
5.1) Coeficiente Volumétrico de Escoamento - C2																																																											
<table border="1"> <tbody> <tr><td>0%</td><td>Baixo</td><td>0,30</td><td>Área rural (Pasto)</td></tr> <tr><td>0%</td><td>Médio</td><td>0,50</td><td>Área mista</td></tr> <tr><td>100%</td><td>Alto</td><td>0,80</td><td>Área urbana</td></tr> </tbody> </table> C2 = 0,80						0%	Baixo	0,30	Área rural (Pasto)	0%	Médio	0,50	Área mista	100%	Alto	0,80	Área urbana																																										
0%	Baixo	0,30				Área rural (Pasto)																																																					
0%	Médio	0,50				Área mista																																																					
100%	Alto	0,80				Área urbana																																																					
5.2) Fator de Forma da bacia - F																																																											
$F = \frac{L}{2 \cdot (A / \pi)^{0,5}}$ F = 1,61																																																											
5.3) Coeficiente de forma - C1																																																											
$C_1 = \frac{4}{2 + F}$ C1 = 0,60																																																											
5.4) Coeficiente de Escoamento - C																																																											
$C = \frac{2}{1 + F} \cdot \frac{c_2}{c_1}$ C = 0,813																																																											
5.5) Coeficiente de Distribuição Espacial da Chuva - K			5.6) Vazão de cheia - Q																																																								
K= Coeficiente de distribuição espacial da chuva = 0,95			$Q = 0,278 \cdot c_1 \cdot A^{0,9} \cdot K$ Q = 353,45 m³/s																																																								
5.7) Vazão de pico - Qp			5.8) Volume do Hidrograma (Hiroshi Yoshizane - UNICAMP) - VT																																																								
%Qb= 10% Qp = 388,79 m³/s			$V = (0,278 \times C_2 \times I \times tc \times 3600 \times A^{0,9} \times K) \times 1,5$ VT= 13.066.964,0 m³																																																								

RESULTADO:

Todos os valores conferem e planilha encontra-se aferida e em condições de uso.

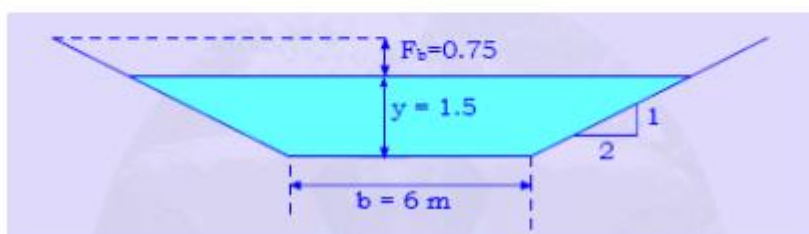
ATENÇÃO: ESSES VALORES SÃO APENAS DE AFERIÇÃO DOS CÁLCULOS.

4.3 TEORIA APLICADA – DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Do Professor Plínio Tomaz [2], no curso de Manejo de Águas Pluviais – Fórmula de Manning e Canais – 2011.

Capítulo 50 Fórmula de Manning e canais

“Aproveite para ler agora. Pode ser que mais tarde você não tenha tempo”
Professor Moses, Poll, 1964



DICA: a fórmula para canais mais usada no mundo é a de Manning.

A fórmula de Manning para qualquer seção de canal ou tubulação é a seguinte:

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad \text{(Equação 50.1)}$$

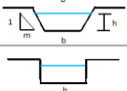
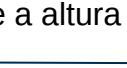
Sendo:

V= velocidade média na seção (m/s);

n= coeficiente de Manning tem as dimensões $TL^{-1/3}$;

R= raio hidráulico (m). O raio hidráulico é o quociente entre a área molhada e o perímetro molhado;

S= declividade (m/m). A inicial “S” vem da palavra inglesa *Slope* que quer dizer declividade.

VERIFICAÇÕES HIDRÁULICAS - CANAIS				
Equação de Manning				
	$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$ (m/s)	$Q = V \cdot A$ (m³/s)		
Geometria da Seção	Área Molhada (Am)	Perímetro molhado (Pm)	Raio Hidráulico (Rh)	Largura Superficial (B)
	$(b + mh)h$	$b + 2h\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}$	$b + 2mh$
	bh	$b + 2h$	$\frac{bh}{b + 2h}$	b
	$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{h}{D}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	—
	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	—
	$0.7662 \cdot D^2$	$2.6467 \cdot D$	$0.2895 \cdot D$	—

Onde a altura máxima é dada por:

$$y_o = \left(\frac{Q}{\sqrt{8gS_o}} \right)^{2/3} \frac{P^{1/3}}{(b + zy_o)} \left\{ -2 \log \left[\frac{k_s}{14.84} \frac{P}{A} + \frac{2.51\nu}{4\sqrt{8gS_o}} \left(\frac{P}{A} \right)^{3/2} \right] \right\}^{-2/3}$$

Como y_o depende do próprio y_o , o cálculo necessita de entrada inicial e processo iterativo, o qual é automatizado por rotinas nas planilhas de cálculo.

4.4 AFERIÇÃO E CALIBRAÇÃO DA PLANILHA

Para aferição, é apresentado um cálculo formulado em exercício da USP

HIDRÁULICA: EXERCÍCIOS

Sérgio Nascimento Duarte
Prof. Dr. – Dpto. de Eng. Rural

Tarlei Arriel Botrel
Prof. Livre Docente – Dpto. de Eng. Rural

Raquel Aparecida Furlan
Pós-Graduanda- Dpto. de Eng. Rural

Piracicaba, 1996

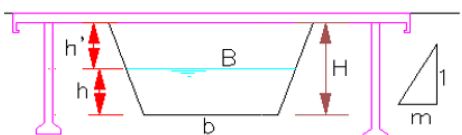
7) Determinar a altura da lâmina d'água normal e a velocidade de escoamento em um canal trapezoidal feito em solo barro-arenoso com base = 0,5 m, $\lambda = 2:1$, $n = 0,035$ e $I = 5\text{m/Km}$, para transportar uma vazão de 1,0 m³/s. Se a velocidade calculada apresentar-se elevada, calcular a nova declividade e a nova altura da lâmina d'água para que a mesma vazão seja conduzida com uma velocidade de 0,6m/s.

Respostas

- 1) 788,5 l/s
- 2) $Q = 4,89 \text{ m}^3/\text{s}$

- 3) $Q = 303 \text{ l/s}$; $V = 0,81 \text{ m/s}$
- 4) $I = 0,5$ por mil
- 5) $h = 47 \text{ cm}$, $V = 0,49 \text{ m/s}$; $h = 65 \text{ cm}$, $V = 0,58 \text{ m/s}$; $h = 79 \text{ cm}$, $V = 0,64 \text{ m/s}$; $h = 90 \text{ cm}$, $V = 0,69 \text{ m/s}$
- 6) $h = 37 \text{ cm}$, $V = 0,69 \text{ m/s}$; $h = 53 \text{ cm}$, $V = 0,82 \text{ m/s}$; $h = 64 \text{ cm}$, $V = 0,91 \text{ m/s}$; $h = 73 \text{ cm}$, $V = 0,97 \text{ m/s}$.
- 7) $h = 0,61 \text{ m}$; $V = 0,955 \text{ m/s}$ ($V. \text{ máx.} = 0,5 \text{ a } 0,7 \text{ m/s}$)
para $V = 0,6 \text{ m/s}$, $I = 1,44 \text{ m/Km}$, $h = 0,8 \text{ m}$.
- 8) $h = 32 \text{ cm}$, $V = 0,54 \text{ m/s}$

4.4.1 Cálculos da HTC BRASIL

CÁLCULO HIDRÁULICO									
1) Dados:		Condição:							
Vazão de Pico - Qp =	1,00 m ³ /s	Vazão e pico de TR = 100 anos para dimensionamento hidráulico de ponte.							
Inclinação média do Talvegue - J =	0,00500 m/m	m =	2,00 m						
Coefficiente de rugosidade - n =	0,0350	Largura - b =	0,50 m						
2) DIMENSIONAMENTO SEÇÃO TRAPEZOIDAL (PONTES OU CANAIS)									
Da vazão de Pico calculada, será determinada a cota máxima de cheia que ocorrerá na seção transversão do canal:		1,00 m ³ /s							
Máxima de Cheia - h = 0,61 m CALCULAR		Área molhada = 1,05 m ² Perímetro molhado = 3,23 m Largura superficial = 2,94 m Raio hidráulico - R = 0,32 m							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Cota máxima de cheia - h =</td> <td>0,6095 m</td> </tr> <tr> <td>Velocidade =</td> <td>0,95 m/s</td> </tr> <tr> <td>Froude =</td> <td>0,39</td> </tr> </table>		Cota máxima de cheia - h =	0,6095 m	Velocidade =	0,95 m/s	Froude =	0,39	m = 2,00 m Largura - B = 2,94 m Largura - b = 0,50 m	
Cota máxima de cheia - h =	0,6095 m								
Velocidade =	0,95 m/s								
Froude =	0,39								
3) DIMENSÕES E VALORES REFERENCIAIS DE PROJETO									
m = 2,00 m Largura - B = 2,94 m Largura - b = 0,50 m Altura na cheia máxima - h = 0,61 m Altura livre na cheia máxima - h' = 1,00 m (+ 25%h > 1) Altura total - H = h + h' = 1,61 m Área hidráulica = 1,05 m ² Velocidade = 0,95 m/s									

RESULTADO:

Todos os valores conferem e planilha encontra-se aferida e em condições de uso.

ATENÇÃO: ESSES VALORES SÃO APENAS DE AFERIÇÃO DOS CÁLCULOS.

5 VAZÃO DE CÁLCULO DA PONTE

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO											
OBRA: PONTES RIO LAVAPÉS LOCAL: Rua Major Leônidas Cardoso. CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU											
1) Características físicas da bacia de contribuição:											
1.1) Área.....A =	14,800 Km²	1480 ha									
1.2) Comprimento do talvegue.....L =	4.580,00 m	1.480,00	99,95								
1.3) Cotas		650,00									
	Cota Máxima = 50,78										
	Cota Mínima = -										
2) Declividade Equivalente											
Ponto	Cota (m)	Δh (m)	ΔL (m)								
0	50,78	-	-								
1	-	50,78	4.580,00								
2											
3											
4											
5											
6											
		Σ= 4.580,00	Σ= 43.496,26								
Declividade Equivalente - $S = \left[\frac{\sum \Delta L}{\sum L \sqrt{J_i}} \right]^2 = \frac{0,011087}{1,109\%}$ m/m											
3) Tempo de Concentração (tc) - Fórmula de "Kirpich" - Macro bacia											
Para determinação do tempo de concentração, será adotada a equação:											
$tc = 57 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$											
Onde	Comprimento do Talvegue - L = 4,58 Km	Declividade Equivalente - S = 11,09 m/Km	Tempo de Concentração - tc, mediana = 74,53 minutos								
			tc = 1,24 horas								
4) Chuva crítica											
Intensidade, Duração, Frequência - IDF - equação geral Equação DAEE: Botucatu											
$i_{t,T} = 30,68 (t+20)^{-0,8563} + 3,97 (t+10)^{-0,7566} \cdot [-0,4754 - 0,8917 \ln(T/T-1)]$											
K = 453,7790	Tr = 100,00 anos	t = 74,53 min	t0 = 6,11761 min								
m = 0,171750	n = 0,648950	DAEE: i, T máx = 67,53 mm/h	i máx = 1,13 mm/min								
Equação HTC: i máx =			Prevalece: 67,53 mm/h								
5) Vazão de Projeto											
5.1) Coeficiente Volumétrico de Escoamento - C2											
17,7% Baixo	0,30	Área rural (Pasto)									
21,3% Médio	0,50	Área mista									
61,0% Alto	0,80	Área urbana									
C2 = 0,65											
5.2) Fator de Forma da bacia - F											
$F = \frac{L}{2 \cdot (A/\pi)^{0,5}}$											
F = 1,08											
5.3) Coeficiente de forma - C1											
$C_1 = \frac{4}{2 + F}$											
C1 = 1,00											
5.4) Coeficiente de Escoamento - C											
$C = \frac{2}{1 + F} \cdot \frac{C_2}{C_1}$											
C = 0,623											
5.5) Coeficiente de Distribuição Espacial da Chuva - K											
K = Coeficiente de distribuição espacial da chuva = 0,95											
5.6) Vazão de cheia - Q											
$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A^{0,9} \cdot K$											
Q = 125,54 m³/s											
5.7) Vazão de pico - Qp											
%Qb = 10%	Qp = 138,10 m³/s										
5.8) Volume do Hidrograma (Hiroshi Yoshizane - UNICAMP) - VT											
$V = (0,278 \times C \times i \times tc \times 3600 \times A^{0,9} \times K) \times 1,5$											
VT = 875.774,8 m³											
5.9) VALORES HIDROGRAMA TRIANGULAR											
f = C1/C2	f = 0,962										
V1 = f · VT/2	V1 = 421.045,6 m³										
tp = 2V1/Qmáx	tp = 1,86 horas										
ou tp = 0,6tc	tp = 0,75 horas										
adotado tp =	tp = 0,75 horas										
tb = 2V/Qmáx	tb = 3,88 horas										
f = C1/C2	t1 = 1,69 horas										
5.10) HIDROGRAMA TRIANGULAR - I PAI WU											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DADOS DO GRÁFICO</th> </tr> <tr> <th>ABSCISSA (hora)</th> <th>ORDENADA (M3/S)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>t1 = 1,69</td> <td>138,10</td> </tr> <tr> <td>tb = 3,88</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>				DADOS DO GRÁFICO		ABSCISSA (hora)	ORDENADA (M3/S)	t1 = 1,69	138,10	tb = 3,88	-
DADOS DO GRÁFICO											
ABSCISSA (hora)	ORDENADA (M3/S)										
t1 = 1,69	138,10										
tb = 3,88	-										

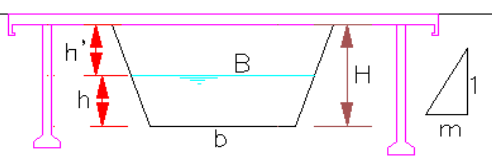
6 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

CÁLCULO HIDRÁULICO - Ponte: Rua Major Leônidas Cardoso.			
1) Dados:		Córregos com margens espaiadas e pouca vegetação	Condição: Má
Vazão de Pico - Qp =	138,10	m ³ /s	Vazão e pico de TR = 100 anos para dimensionamento hidráulico de ponte.
Inclinação média do Talvegue - J =	0,01109	m/m	m = 0,01 m
Coefficiente de rugosidade - n =	0,0800		Largura - b = 16,00 m
2) DIMENSIONAMENTO SEÇÃO TRAPEZOIDAL (PONTES OU CANAIS)			
Córregos com margens espaiadas e pouca vegetação			
Da vazão de Pico calculada, será determinada a cota máxima de cheia que ocorrerá na seção transversão do canal: 138,10 m ³ /s			
Máxima de Cheia - h =		3,57 m	CALCULAR
A	P	R	R ^{2/3}
57,32	23,15	2,476	1,830
		75	104,919
Cota máxima de cheia - h =		3,5747	m
Velocidade =		2,41	m/s
Froude =		0,41	Regime sub-crítico no Pico de Cheias
3) DIMENSÕES E VALORES REFERENCIAIS DE PROJETO			
m =	0,01	m	
Largura - B =	16,07	m	
Largura - b =	16,00	m	
Altura na cheia máxima - h =	3,57	m	
Altura livre na cheia máxima - h' =	1,00	m	
Altura total - H = h + h' =	4,57	m	
Área hidráulica =	57,32	m ²	
Velocidade =	2,41	m/s	

m = 0,01 m

Largura - B = 16,07 m

Largura - b = 16,00 m



7 REFERÊNCIAS CONSULTADAS E/OU UTILIZADAS DA HIDROLOGIA

PORTELA, M. M. Modelação Hidrológica. Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2006.

SANTOS, G. G, et. al. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, p. 899-905, 2009. Campina Grande. Disponível em <<http://www.agriambi.com.br/revista/suplemento2009/899.pdf>> Acesso em 28 jun. 2019.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

MANUAL DO DAEE.

[1] YOSHIZANE, Prof. Hiroshi - **ESTUDO HIDROLÓGICO** – FT – UNICAMP / 2010.

[2] TOMAZ, Engº Plínio – **CURSO DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS – MÉTODO I-PAI-WU**, 2010

[3] MÉLLO, Prof. Dr. Arisvaldo V. – **HIDROGRAMA UNITÁRIO** – USP.

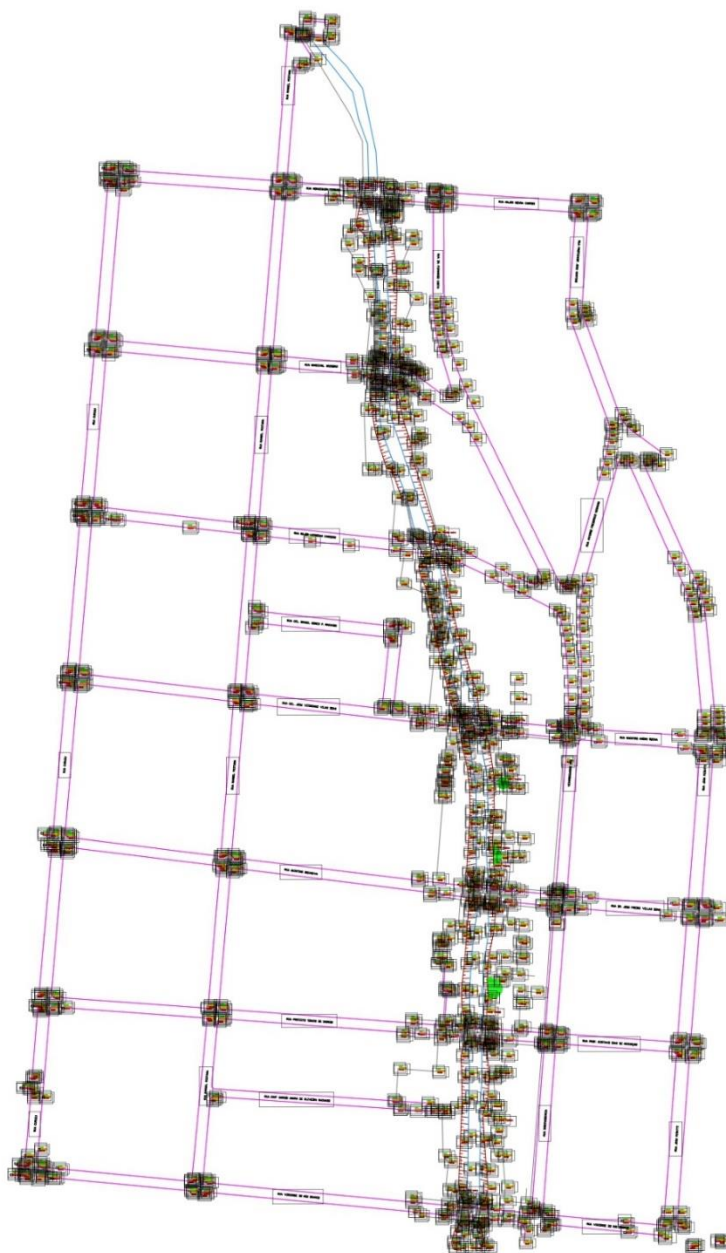
[4] QUINTANILHA, Prof.Especialista Marcelo Augusto – **HIDROLOGIA APLICADA ÀS OBRAS DE ARTES EPECIAIS** – Faculdade Pitágoras – Londrina / 2014.

TOPOGRAFIA / BATIMETRIA

8 PROJETO TOPOGRÁFICO

O estudo topográfico usado como base para o projeto foi disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Botucatu/SP, em arquivos DWG (figura 4) e terá suas partes incorporadas ao projeto.

Figura 19- projeto topográfico disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Botucatu/SP



SONDAGEM

9 SONDAGEM

O relatório de Sondagem foi disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Botucatu/SP, as sondagens realizadas pela empresa Geositu sondagens, sob Responsabilidade Técnica do Engenheiro Edgard Costard, CREA SP – 0601669903– Fones (11) 5070-1995 / 2577-3160, que servem de base para escolha da fundação bem como o correto dimensionamento destas.

Rua Godofredo Rangel, 107, Mirandópolis - 04051-010
São Paulo/SP • 11 5070.1995 / 2577.3160
www.geositu.com.br



RELATÓRIO DE SONDAGENS

RIBEIRÃO LAVAPÉS

BOTUCATU/SP.

TRABALHO 268/2020

Endereço para correspondência: Av. Ayrton Senna da Silva, 300, sala 211 - Ed Palhano Business Center – Gleba Palhano - CEP 86050-460 Londrina / PR

Endereço da sede: Rua Romano Ranieri, 266, Jardim Granville - CEP 86200-000 Ibiporã / PR

Fone (43)3066-1700 – Email – comercial@htcbrasil.net – www.htcbrasil.net

CNPJ: 19.504.306/0001-03 - INSC. EST:90.652.301-91.

Página 37 de 43

Bem Aventurado o homem a quem o Senhor não imputa maldade e em cujo espírito não há engano.

Rua Godofredo Rangel, 107, Mirandópolis - 04051-010.
São Paulo/SP • 11 5070.1995 / 2577.3160
www.geositu.com.br



À

PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU

Estamos apresentando os resultados das sondagens à percussão de simples reconhecimento, executadas com tubo de revestimento de diâmetro $\varnothing 2\frac{1}{2}$ " e medida de resistência à Penetração (SPT) de metro em metro, com auxílio de amostrador TERZAGHI, diâmetro externo de $\varnothing 2$ " e interno $\varnothing 1\frac{3}{8}$ ".

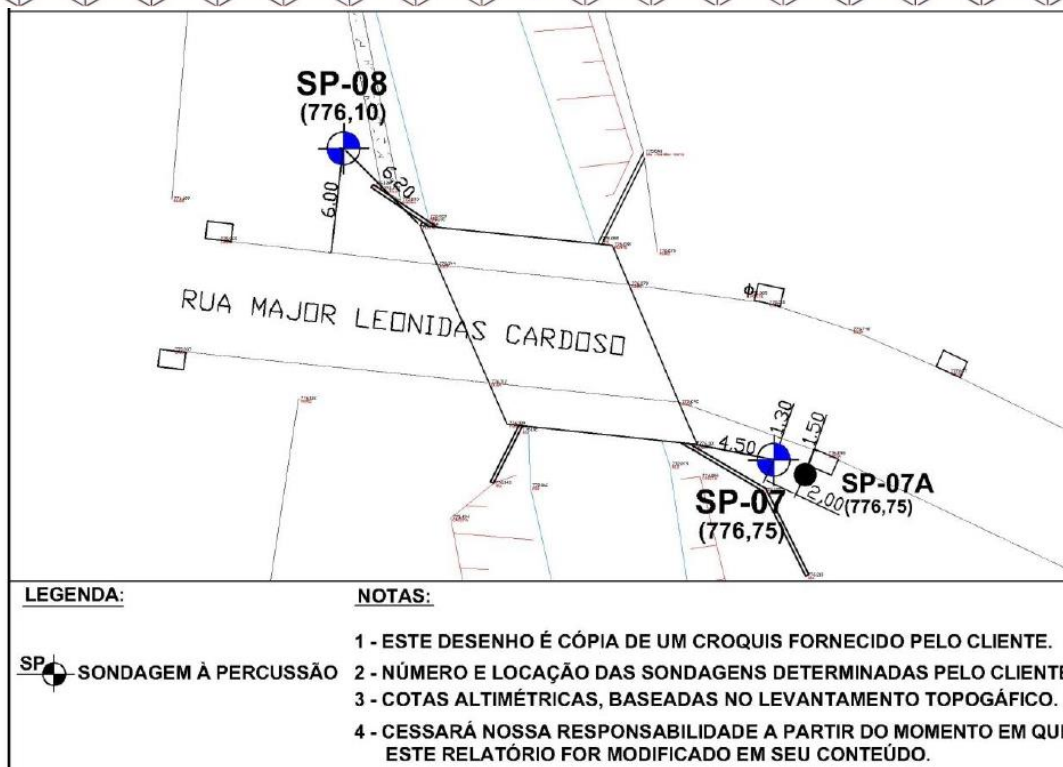
O relatório com resultados é apresentado em forma de perfis geológicos-geotécnicos individuais, indicando as características do solo perfurado e as posições dos níveis de água encontrados nos 12 pontos de sondagens e deslocamentos, totalizando 131,45 metros de perfuração.

Sem mais, colocamo-nos ao inteiro dispor, para os esclarecimentos que se façam necessários,

São Paulo, 11 de outubro de 2020.



GEOSITU GEOTECNIA E SONDAGENS LTDA.
Engenheiro Civil Edgard Costard
Crea-SP 0601669903





E

A reprodução deste documento dependerá de autorização prévia por escrito, não sendo permitida sua reprodução parcial.



DES.

OBS.: AT-ATERRO/AL-ALUVIÃO/SARBPR-SOLO DE ALTERAÇÃO DE ROCHA DA BACIA DO PARANÁ. MATERIAL IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO (PROVÁVEL: ROCHA OU MATAÇÃO). APÓS O TÉRMINO DA SONDAGEM FOI DETERMINADO O FECHAMENTO DO FURO POR MOTIVO DE SEGURANÇA.

Responsável Técnico

A reprodução deste documento dependerá de autorização prévia por escrito, não sendo permitida sua reprodução parcial.

Rua Godofredo Rangel, 107, Mirandópolis - 04051-010.
São Paulo/SP • 11 5070.1995 / 2577.3160
www.geositu.com.br



SONDAGEM A PERCUSSÃO NBR 6484/01

CONTRATANTE PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU

OBRA/SERVIÇO RIBEIRÃO LAVAPÉS

LOCAL BOTUCATU/SP.

ESCALA 1 : 100

TRAB. N.º GS268/20

SONDAGEM **SP.08** COTA 776,10 DATA DE INÍCIO 30/09/20 COORD. N
TÉRMINO 30/09/20 E

DES.

COTA (m)	PERFIL GEOLÓ- GICO	N.º DE GOLPES S. P. T.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO							PROFUN- CAMADA (m)	INTER. GEOLÓ- GICA	CONSIS- TÊNCIA* OU COMPA- CIDADE**	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	N. A. (m)
			AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI N.º DE GOLPES / 30 cm. 5 10 15 20 25 30 35											
775,10		1 2 2							0,95	AT	MOLE*	Argila arenosa, com brita e detritos vegetais, variegada (marrom)	3,52 30/09/21	
		15 15 15	4						2,00					Argila siltosa pouco arenosa, variegada (vermelha)
		1 1 1	1/ 15											
		1 1 1	2						3,50	AL	FOFA**	Argila arenosa, com pedregulhos médios, variegada (vermelha)		
		15 15 15							3,95					Areia média pouco argilosa, com pedregulhos grossos, variegada (cinza) (descrição do sondador)
		2 2 3	5						5,00	SARBPR	MUITO MOLE*	Argila silto-arenosa, variegada (amarela escura)		
		15 15 15												
		2 3 5	8						6,00			MEDIA*		Argila silto-arenosa, com pedregulhos grossos, variegada (amarela escura)
770,10		15 15 15												
		4 7 16												
	15 15 15													
	8 17 24													
	15 15 15													
	40													
	8								8,13			Silte argilo-arenoso, com fragmentos de rocha, variegado (marrom amarelado)		

Leitura	Data	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.	NOTA :
INICIAL	30/09/20	3,80	T. Cavadeira	0,00	4,00	Profun. de Início (m) : 8,10	Para melhor verificação do nível d'água,
FINAL	30/09/20	3,52	T. Espiral	--	--	Estagio 1 (cm) : 1,00	abrir poço de maior diâmetro na época
			T. Lavagem	4,45	8,13	Estagio 2 (cm) : 1,00	da obra.
						Estagio 3 (cm) : 1,00	

OBS :
AT=ATERRO/AL=ALUVIÃO/SARBPR=SOLO DE ALTERAÇÃO DE ROCHA DA BACIA DO PARANÁ. MATERIAL IMPENETRÁVEL À PERCUSSÃO (PROVÁVEL: ROCHA OU MATAÇÃO). APÓS O TÉRMINO DA SONDAGEM FOI DETERMINADO O FECHAMENTO DO FURO POR MOTIVO DE SEGURANÇA.

São Paulo, 11 de outubro de 2020

Responsável Técnico

A reprodução deste documento dependerá de autorização prévia por escrito, não sendo permitida sua reprodução parcial.

Endereço para correspondência: Av. Ayrton Senna da Silva, 300, sala 211 - Ed Palhano Business Center - Gleba Palhano - CEP 86050-460 Londrina / PR

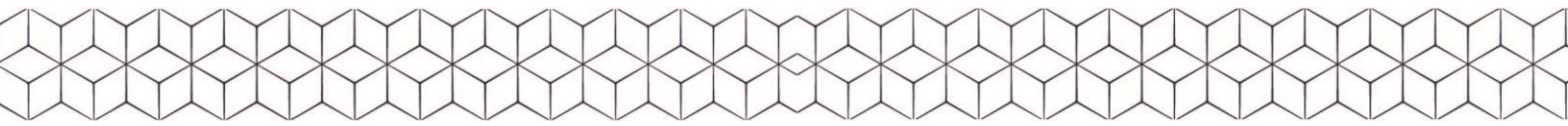
Endereço da sede: Rua Romano Ranieri, 266, Jardim Granville - CEP 86200-000 Ibiaporã / PR

Fone (43)3066-1700 - Email - comercial@htcbrasil.net - www.htcbrasil.net

CNPJ: 19.504.306/0001-03 - INSC. EST:90.652.301-91.

Página 42 de 43

Bem Aventurado o homem a quem o Senhor não imputa maldade e em cujo espírito não há engano.



10 TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente volume contém os Estudos Preliminares referentes à Contratação de Empresa Especializada para Execução de Projeto Executivo de 06 (seis) pontes sobre o Rio Lavapés no município de Botucatu/SP

Sendo o presente relatório de estudos preliminares sobre a Ponte Prof. Gustavo Dias Assunção. Conforme o contrato firmado entre Prefeitura Municipal de Botucatu e a empresa HTC BRASIL EIRELI – ME.

Londrina / PR, 08 de Janeiro de 2021

HTC BRASIL

Eng. Civil e Especialista Marcelo A. C. P. Quintanilha
CREA PR-20.795/D – RG 3.434.594-5 SSP/PR
Representante Legal