



AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código Artesp:  
MD-SP0000083-012.018-007-H01/002

Rev.:  
R0.00

Emissão:  
09/08/12

Folha:  
1 de 34

Emitente:



Resp. Técnico / Projetista:  
Engº Humberto Matsushita / Canhedo Beppu

Resp. Técnico / Concessionária:

Lote:

07

Rodovia:

José Roberto Magalhães Teixeira – SP-083

DE-DER:

Trecho:

Interseção da SP-330 até a interseção com a SP-348

Verificado - ARTESP:

Objeto: Projeto executivo de implantação do prolongamento da SP-083  
– Estudo Hidrológico e Hidráulico da OAE sobre o Rio Capivari

Aprovado - ARTESP:

Documentos de Referência:

MD-SP0000083-012.018-007-H01/001 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

DE-SP0000083-012.018-007-H01/002 – PLANTA DE BACIAS HIDROLÓGICAS - 1:50.000

Documentos Resultantes:

Observação:

R0	09/08/12	Humberto				
Rev.	Data	Resp. Téc. / Proj	Resp. Téc / Conces	DE-DER	Rev. - ARTESP.	Aprovado - ARTESP

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	3
2. COLETA DE DADOS DISPONÍVEIS .....	4
2.1. Geologia Regional .....	Erro! Indicador não definido.
2.2. Equação de Chuvas Intensas .....	5
3. METODOLOGIA.....	7
4. VAZÃO DE PROJETO .....	15
4.1. Bacia 4E.....	15
5. DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE ÁGUA .....	26
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	32

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta à **Concessionária Rota das Bandeiras**, o memorial descritivo do estudo para determinação do N.A. (nível d'água) máximo do Rio Capivari, em seu trecho junto ao projeto de implantação do prolongamento da Rodovia SP-083, correspondendo à bacia nº 4E conforme planta de bacias.

Basicamente, foram empreendidas as seguintes atividades:

- ✓ Coleta de dados;
- ✓ Descrição da Metodologia;
- ✓ Determinação do nível máximo de projeto

---

## 2. COLETA DE DADOS DISPONÍVEIS

Apresenta-se na seqüência a relação dos principais documentos e bibliografias considerados no desenvolvimento destes estudos hidrológicos:

- Plantas na escala 1:50.000 (IBGE), elaboradas por restituições aerofotogramétricas;
- Projeto Funcional – Prolongamento da SP-083 – Trecho I – DE-SP0000083-012.018-007-F01/004.
- “*Handbook of Applied Hydrology*”, de Ven Te Chow – 1964;
- “Análise das Máximas Intensidades de Chuvas na Cidade de Campinas”, de Dirceu Brasil Vieira – IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1981;
- “Engenharia de Drenagem Superficial”, de Paulo Sampaio Wilken (CETESB, 1970);
- “Drenagem Urbana – Manual de Projeto”, DAEE / CETESB, 1980;
- Instrução de Projeto do DER/SP – IP-DE-H00/001 – Estudos Hidrológicos;
- Instrução de Projeto do DER/SP – IP-DE-H00/002 – Projeto de Drenagem.

## 2.1. Equação de Chuvas Intensas

A relação entre precipitação, intensidade, duração e freqüência de chuvas analisada no presente estudo será a mesma apresentada no relatório MD-SP0000083-012.022-007-H01/001 dada pela equação de D. B. Vieira, com base no Posto Meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas (Latitude: 22° 54' S; Longitude: 47° 03' W), conforme o trabalho “Análise das Máximas Intensidades de Chuvas na Cidade de Campinas”, apresentado pelo autor no IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos (Fortaleza, 1981):

$$I = \frac{2524,86 \cdot T^{0,1359}}{(t+20)^{0,9483} \cdot T^{-0,007}}$$

Onde:

I = intensidade pluviométrica máxima, em mm por hora;

T = período de recorrência, em anos;

t = duração da precipitação pluviométrica, em minutos.

Os dados utilizados neste trabalho foram extraídos dos pluviogramas registrados pelo pluviógrafo instalado e operado no Instituto Agrônomo de Campinas, e referem-se ao período de 1980 a 1989.

A equação de D. B. Vieira teve como base as maiores precipitações registradas em um dia, com durações variáveis entre 5 e 120 minutos.

No quadro a seguir estão apresentados os valores obtidos a partir das equações analisadas para chuvas intensas, com durações entre 5 e 1.440 minutos, e períodos de retorno de 10, 20, 25, 50 e 100 anos.

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/min)					
DURAÇÃO (min)	PERÍODO DE RECORRÊNCIA (anos)				
	10	20	25	50	100
5	2,854	3,182	3,296	3,674	4,095
10	2,408	2,687	2,783	3,105	3,464
15	2,085	2,328	2,412	2,693	3,007
20	1,841	2,057	2,131	2,381	2,660
25	1,649	1,844	1,911	2,136	2,387
30	1,495	1,672	1,733	1,938	2,167
60	0,964	1,081	1,121	1,256	1,407
90	0,716	0,804	0,834	0,936	1,051
120	0,572	0,643	0,667	0,750	0,842
240	0,321	0,362	0,376	0,423	0,477
360	0,225	0,254	0,264	0,298	0,337
480	0,174	0,197	0,205	0,232	0,262
540	0,157	0,177	0,185	0,209	0,236
600	0,143	0,161	0,168	0,190	0,215
660	0,131	0,148	0,154	0,174	0,197
720	0,121	0,137	0,142	0,161	0,183
780	0,112	0,127	0,133	0,150	0,170
840	0,105	0,119	0,124	0,140	0,159
900	0,099	0,112	0,116	0,132	0,149
960	0,093	0,105	0,110	0,124	0,141
1.020	0,088	0,100	0,104	0,118	0,134
1.080	0,084	0,095	0,099	0,112	0,127
1.140	0,080	0,090	0,094	0,107	0,121
1.200	0,076	0,086	0,090	0,102	0,115
1.260	0,073	0,082	0,086	0,097	0,110
1.320	0,069	0,079	0,082	0,093	0,106
1.380	0,067	0,076	0,079	0,090	0,102
1.440	0,064	0,073	0,076	0,086	0,098

### 3. METODOLOGIA

#### ✓ Tempo de Concentração

O tempo de concentração da bacia pode ser calculado pela fórmula do “*California Highways and Public Roads*”, expressa por:

$$tc = 57 \cdot \left( \frac{L^2}{I_{eq}} \right)^{0,385}$$

Onde:

tc = Tempo de concentração (min);

L = Comprimento do talvegue (km);

I<sub>eq</sub> = Declividade média do talvegue (m/km).

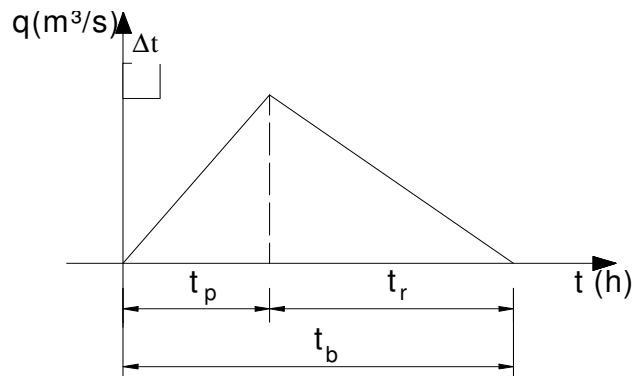
#### ✓ Intensidade Pluviométrica

A intensidade pluviométrica pode ser calculada a partir da aplicação da equação de chuvas válida para a área em estudo, para duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia. A duração da chuva mínima será de 5 minutos, para as obras de drenagem superficial, e de 10 minutos, para os bueiros.

#### ✓ Método do Hidrograma Unitário (Soil Conservation Service)

Este método baseia-se em um hidrograma adimensional, para construção de um hidrograma unitário sintético.

### Parâmetros do Hidrograma Unitário



Sendo:

$q_p$  = vazão máxima do Hidrograma Unitário, em  $m^3/s$ ;

$A$  = área da bacia contribuinte, em  $km^2$ ;

$t_p$  = tempo de pico, em horas;

$t_c$  = tempo de concentração, em horas;

$$q_p = \frac{2,08 \cdot A}{t_p}$$

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + 0,6 \cdot t_c$$

$\Delta t = t_c / K$  – tempo unitário, em horas;

$t_r = 1,67 t_p$  – tempo de descida, em horas;

$t_b = 2,67 t_p$  – tempo base, em horas.

O tempo de concentração foi calculado conforme a expressão recomendada pela “*California Highways and Public Roads*”, já descrita anteriormente.



---

## **Precipitação efetiva**

A avaliação da precipitação efetiva ( $P_e$ ), a partir da precipitação total ( $P$ ), de acordo com o método proposto pelo *U.S. Soil Conservation Service*, é feita em função das características do solo, vegetação e utilização das áreas das bacias hidrológicas, escolhendo um número de curva ( $N$ ) que as caracterize.

Para a determinação do número de curva ( $N$ ), foi seguido o procedimento recomendado na publicação “Tentativa de Avaliação de Escoamento Superficial de Acordo com o Solo e o seu Recobrimento Vegetal nas Condições do Estado de São Paulo”, elaborado por *José Setzer* e apresentado no Boletim Técnico DAEE nº 2 (maio/agosto – 1979).

A condição antecedente de saturação do solo será aquela em que os solos normalmente se encontram na estação úmida do ano.

No quadro a seguir são apresentados os valores de  $N$  utilizados quando da aplicação do Método do Hidrograma Unitário, empregado na determinação das vazões de projeto para as bacias estudadas, conforme metodologia do *U.S. Soil Conservation Service*.

### VALORES DO NÚMERO DE DEFLÚVIO (N)

Cobertura Vegetal ou Tipo de Uso do Solo	Defesa Contra a Erosão	Situação Hidrológica de Infiltração	GRUPO HIDROLÓGICO DO SOLO				
			A	B	C	D	E
Arado, quase sem cobertura vegetal	SR	Boas	65	80	88	92	95
	C	Boas	65	78	86	90	92
Cultivo de ciclo curto e arações frequentes	SR	Más	60	72	81	87	90
	SR	Boas	52	66	75	82	86
	C	Más	56	65	78	84	87
	C	Boas	48	60	72	78	82
	C-T	Más	52	62	74	80	84
	C-T	Boas	45	55	67	75	80
	SR	Más	58	65	73	82	88
Cultivos de ciclo médio, araões anuais	SR	Boas	54	62	70	79	85
	C	Más	55	64	72	78	84
	C	Boas	50	60	67	75	83
	T	Más	52	62	70	77	82
	T	Boas	48	55	65	73	80
Semeação densa ou a lanço; cobertura curta, mas dens, como a das leguminosas e dos pastos em rodízio	SR	Más	56	64	72	80	86
	SR	Boas	50	58	66	76	82
	C	Más	54	60	69	76	83
	C	Boas	48	56	64	72	80
	T	Más	50	58	65	75	80
	T	Boas	45	52	60	70	76
Pastagem velha com arbustos		Más	65	70	78	85	90
		Médias	60	66	75	82	87
		Boas	56	62	72	79	84
	C	Más	55	62	70	78	86
	C	Médias	42	59	67	75	82
	C	Boas	50	56	64	72	79
Reflorestamento	SR	Más	35	50	62	74	83
	SR	Boas	30	42	55	68	78
	C	Más	30	45	57	69	80
	C	Boas	25	36	52	64	75
Mata, capoeira velha		Más	32	40	55	67	76
		Boas	18	25	42	58	70
Gramados tratados		Más	65	72	78	84	88
		Boas	59	67	74	81	86
Estradas de terra	SR	Más	80	85	90	93	95
	C	Boas	74	80	86	90	92
Áreas urbanizadas			98	98	98	98	98

**Observações:** Grupo **A**: Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a uns 8%; não há rocha nem camadas argilosas e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5 m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.

Grupo **B**: Solos arenosos menos profundos que os do grupo A e com maior teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas este limite pode subir a 20% graças a maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5 m, mas é quase sempre presente camada mais densificada que a camada superficial.

Grupo **C**: Solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até a profundidade de 1,2 m. No caso de terras roxas, estes dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5 m. Nota-se a cerca de 60 cm de profundidade camada mais densificada que no grupo B mas ainda longe das condições de impermeabilidade.

Grupo **D**: Solos argilosos (30 – 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50 cm de profundidade. Ou solos arenosos como B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados.

Grupo **E**: Solos barrentos como C, mas com camada argilosa impermeável ou com pedras. Ou sem tal camada, mas o teor total de argila supera 40%. No caso de terras roxas este teor pode subir a 60% (no caso D, 45%).

**SR** = sulcos retos; **C** = cultivo em contorno, paralelamente às curvas de nível; **T** = terraceamento. No caso de estradas de terra, **SR** é quando as águas pluviais são alojadas ao pé de barrancos, a **C** quando não atravessam a estrada. A estimativa dos dados são na condição em que os solos normalmente se encontram na estação úmida do ano.

A seguir é apresentada a descrição do tipo de solo que mais se assemelha ao encontrado na região atravessada pelo segmento rodoviário analisado (tipo 26), conforme descrito na obra “Avaliação Tentativa de Percentagem de Cada um dos Cinco Grupos Hidrológicos de Solo por Zona Ecológica no Estado de São Paulo”, a ser utilizado posteriormente para adoção da curva de deflúvio mais adequada para o método do hidrograma unitário.

Descrição dos tipos de solos	Grupo Hidrológico (percentagens)				
	A	B	C	D	E
Tipo 26 – Solos de gnaisses mesocráticos, micaxistos quartzosos, pegmatitos, quartzodioritos. São geralmente solos mais escuros que os do tipo anterior, com o alaranjado tendendo para o acastanhado e o vermelho para marrom. O teor de areia grossa é bem menor e o de argila maior (20-30%). Horizonte de seixos menos comum mas o argiloso ainda mais freqüente. O cultivo é bastante intenso apesar da topografia acidentada.	-	20	30	30	20

Para o cálculo da precipitação efetiva, as seguintes relações são utilizadas:

$$S = \frac{1000}{N} - 10$$

$$Pe = \frac{(P' - 0,2 \cdot S)^2}{(P' + 0,8 \cdot S)}$$

Onde:

N = Número da curva representativa do complexo solo-vegetação-utilização da área;

S = Variável dependente da retenção e infiltração da bacia;

Pe = Precipitação efetiva, em polegadas;

P' = Precipitação total, em polegadas.

A precipitação total é retirada das relações de altura-duração-recorrência, para períodos de tempo unitário ( $\Delta t$ ). Quando a área da bacia hidrográfica for maior que 25 km<sup>2</sup>, a precipitação deverá ser corrigida, utilizando-se a seguinte expressão:

$$P' = P \cdot \left(1 - 0,10 \cdot \log \frac{A}{25}\right)$$

Onde:

P' = precipitação total corrigida, em centímetros;

P = precipitação total real, em centímetros;

A = área da bacia hidrográfica, em quilômetros quadrados.

### **Cálculo das Ordenadas do Hidrograma (Qi)**

Para o cálculo das ordenadas do Hidrograma Unitário, procede-se da seguinte forma:

Para  $t_i \leq t_p$ , emprega-se a equação:

$$q_i = \frac{q_p \cdot t_i}{t_p}$$

E, para  $t_i > t_p$ , emprega-se a equação:

$$q_i = q_p \cdot \frac{t_b - t_i}{t_r}$$

Onde  $t_i$  = duração da precipitação.

### **Hidrograma de Projeto**

Conhecidas as precipitações efetivas para cada duração, procede-se ao cálculo das vazões de projeto através da “Álgebra dos Hidrogramas”, ou seja, multiplicando-se as precipitações efetivas pelas ordenadas do Hidrograma Unitário, retiradas a intervalos de tempo iguais ao intervalo unitário considerado.

Os valores das descargas do hidrograma de projeto serão dados por:

$$Q_i = Pe_1 \cdot q_i + Pe_2 \cdot q_{i-1} + Pe_3 \cdot q_{i-2} + \dots + Pe_n \cdot q_{i-(n-1)}$$

---

## **4. VAZÃO DE PROJETO**

Os critérios utilizados para a verificação da capacidade hidráulica das travessias atuais e de seu eventual reforço de seção caudal são aqueles apresentados nas instruções de projeto do DER/SP: IP-DE-H00/001 e 002, Instruções de Projeto de Estudos Hidrológicos e de Projeto de Drenagem, respectivamente.

### **4.1. Bacia 4E**

A bacia estudada encontra-se à esquerda da rodovia, com travessia próxima ao km 17+500. Sua ocupação é formada basicamente por pequenas propriedades agrícolas, matas e áreas urbanas dos municípios de Vinhedo, Valinhos e Louveira.

A bacia apresenta área de 23.005,95 ha ou 230,0595 km<sup>2</sup>, assim como apresentado no desenho DE-SP0000083-012.022-007-H01/002. O método utilizado para o cálculo da vazão de projeto foi o Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT), uma vez que a área de drenagem é superior a 2 km<sup>2</sup> e não existem postos fluviométricos próximos ao local da travessia.

Seguem abaixo os dados físicos e as vazões de projeto desta bacia.



**Canhedo Beppu**  
Engenheiros Associados S/C Ltda

### CÁLCULO DA DECLIVIDADE EQUIVALENTE

CLIENTE : Rota das Bandeiras

SUB-TRECHO: -

PROJETO : Prolongamento da Rodovia SP-083

No DA BACIA: 04E

TRECHO : km 12+300

DATA: 01/08/2012

Ponto	Cota	Trecho $L_i$ (m)	Trecho Acumulado (m)	Desnível $\Delta h_i$ (m)	Declividade $\Delta h_i/L_i$	$L_i/\sqrt{S_i}$
1	605					
		12106.58	12106.58	15.00	0.12	343943.04
2	620					
		6896.51	19003.09	20.00	0.29	128064.58
3	640					
		3357.847	22360.94	20.00	0.60	43508.73
4	660					
		7807.584	30168.52	20.00	0.26	154262.38
5	680					
		5459.211	35627.73	20.00	0.37	90194.46
6	700					
		3629.97	39257.70	20.00	0.55	48903.48
7	720					
		2723.09	41980.79	20.00	0.73	31774.39
8	740					
		1315.44	43296.23	20.00	1.52	10668.24
9	760					
		400.94	43697.17	20.00	4.99	1795.18
10	780					
		294.51	43991.68	20.00	6.79	1130.13
11	800					
		237.59	44229.27	20.00	8.42	818.88
12	820					
		328.31	44557.58	20.00	6.09	1330.16
13	840					
		84.11	44641.69	20.00	23.78	172.50
14	860					
		41.52	44683.21	20.00	48.17	59.82
15	880					
		86.07	44769.28	20.00	23.24	178.55
16	900					
		93.61	44862.89	20.00	21.36	202.53
17	920					
		126.98	44989.87	11.00	8.66	431.43
18	931					
<b>TOTAL</b>		44989.87		326.00		857438.48
<b>DECLIVIDADE EQUIVALENTE</b>				0.275%		





**Canhedo Beppu**  
Engenheiros Associados S/C Ltda

**CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO PELO MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIÂNGULAR**

CLIENTE: Rota das Bandeiras SUB-TRECHO: -  
PROJETO: Prolongamento da Rodovia SP-083 Nº DA BACIA: 4E  
TRECHO: km 12+300 DATA: 01/08/2012

ÁREA DA BACIA: 230.06 Km<sup>2</sup> PERÍODO DE RETORNO: 25 anos  
DECLIVIDADE: 2.75 m/km COEF. DE DEFLÚVIO: 72  
TEMPO DE CONCENTRAÇÃO: 12.06 h TEMPO DE PICO: 8.04 h  
TEMPO DE RECESSÃO: 13.43 h CONST. DE TEMPO UNITÁRIO: 7.5  
TEMPO DE BASE: 21.46 h VAZÃO DE PICO: 59.53 m<sup>3</sup>/s

ΔT (hrs)	P (cm)	P' (cm)	ΔP (cm)	ΔP (CORRIGIDO) (cm)	ΔP ACUMULADO (cm)	Pe (cm)	ΔPe (cm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.608	7.633	6.898	6.898	0.175	0.175	0.000	0.000
3.216	8.726	7.884	0.987	0.307	0.482	0.000	0.000
4.823	9.256	8.364	0.479	0.479	0.961	0.000	0.000
6.431	9.596	8.671	0.307	6.898	7.859	2.196	2.196
8.039	9.843	8.894	0.223	0.987	8.846	2.818	0.622
9.647	10.036	9.069	0.175	0.223	9.069	2.965	0.147
11.255	10.195	9.212	0.143	0.143	9.212	3.060	0.095
12.862	10.329	9.333	0.121	0.121	9.333	3.141	0.081
14.470	10.445	9.438	0.105	0.105	9.438	3.212	0.071
16.078	10.548	9.531	0.093	0.093	9.531	3.274	0.063
17.686	10.639	9.614	0.083	0.083	9.614	3.331	0.056
19.293	10.722	9.689	0.075	0.075	9.689	3.382	0.051
20.901	10.798	9.757	0.068	0.068	9.757	3.429	0.047
22.509	10.868	9.820	0.063	0.063	9.820	3.472	0.043
24.117	10.932	9.879	0.058	0.058	9.879	3.513	0.040
25.725	10.992	9.933	0.054	0.054	9.933	3.550	0.038
27.332	11.049	9.984	0.051	0.051	9.984	3.586	0.035
28.940	11.102	10.032	0.048	0.048	10.032	3.619	0.033
30.548	11.152	10.077	0.045	0.045	10.077	3.650	0.032
32.156	11.199	10.120	0.043	0.043	10.120	3.680	0.030
33.764	11.244	10.160	0.041	0.041	10.160	3.709	0.028
35.371	11.287	10.199	0.039	0.039	10.199	3.736	0.027
36.979	11.328	10.236	0.037	0.037	10.236	3.762	0.026
38.587	11.367	10.271	0.035	0.035	10.271	3.787	0.025
40.195	11.404	10.305	0.034	0.034	10.305	3.811	0.024
41.802	11.440	10.338	0.033	0.033	10.338	3.834	0.023
43.410	11.475	10.369	0.031	0.031	10.369	3.856	0.022
45.018	11.508	10.399	0.030	0.030	10.399	3.877	0.021
46.626	11.540	10.428	0.029	0.029	10.428	3.898	0.021
48.234	11.571	10.456	0.028	0.028	10.456	3.918	0.020
49.841	11.602	10.483	0.027	0.027	10.483	3.937	0.019
51.449	11.631	10.510	0.026	0.026	10.510	3.956	0.019
53.057	11.659	10.535	0.025	0.025	10.535	3.974	0.018
54.665	11.686	10.560	0.025	0.025	10.560	3.991	0.018



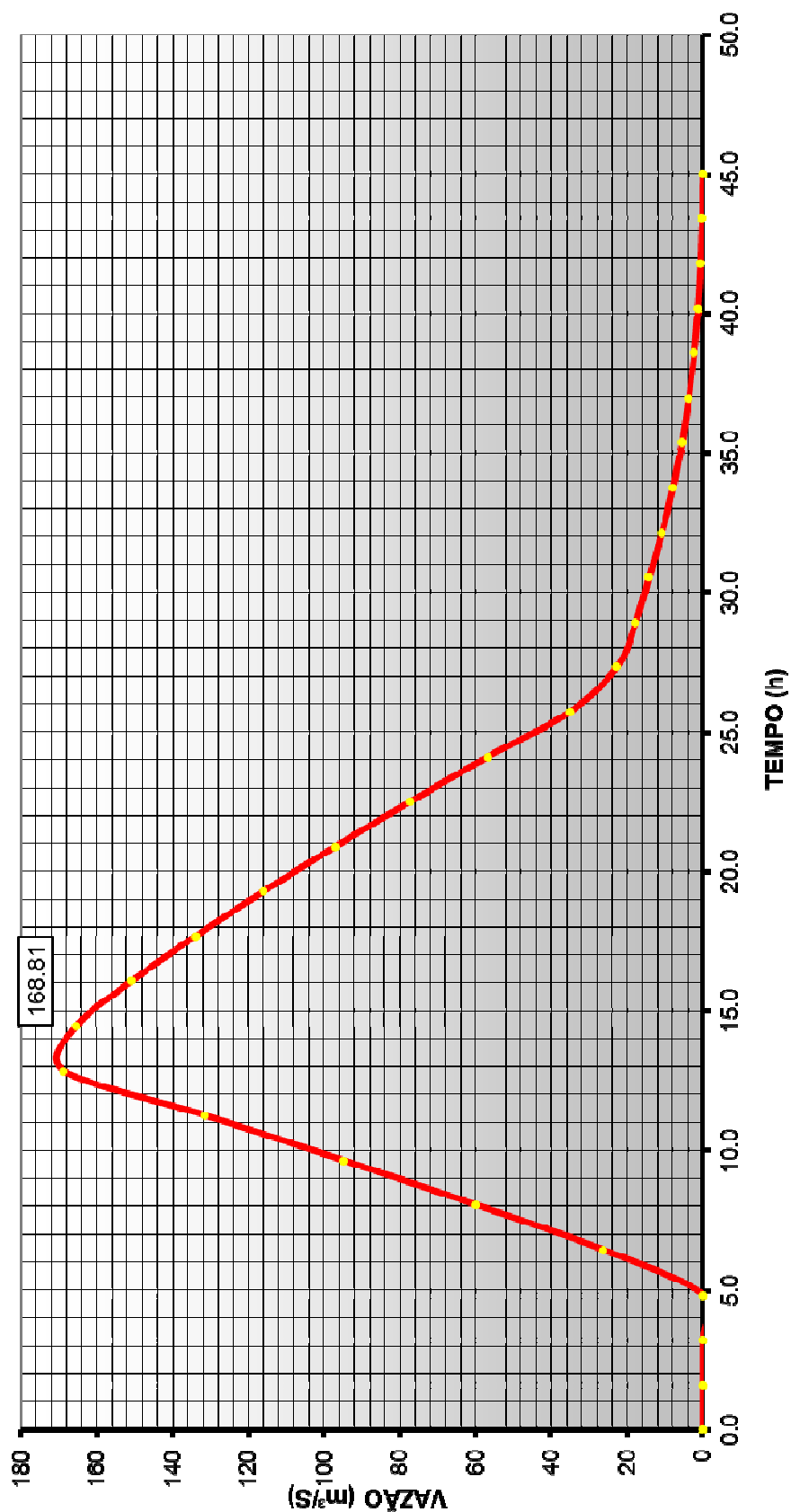
**Canhedo Beppu**  
Engenheiros Associados S/C Ltda

**CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO PELO MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIÂNGULAR**

CLIENTE:	Rota das Bandeiras	SUB-TRECHO:	-
PROJETO:	Prolongamento da Rodovia SP-083	Nº DA BACIA:	4E
TRECHO:	km 12+300	DATA:	01/08/2012
ÁREA DA BACIA:	230.1 Km <sup>2</sup>	PERÍODO DE RETORNO:	25 anos
DECLIVIDADE:	2.75 m/km	COEF. DE DEFLÚVIO:	72
TEMPO DE CONCENTRAÇÃO:	12.06 h	TEMPO DE PICO:	8.04 h
TEMPO DE RECESSÃO:	13.43 h	CONST. DE TEMPO UNITÁRIO:	7.5
TEMPO DE BASE:	21.46 h	VAZÃO DE PICO:	59.53 m <sup>3</sup> /s
VAZÃO DE BASE:	0.00 m <sup>3</sup> /s	VAZÃO DE PROJETO:	<b>168.81 m<sup>3</sup>/s</b>

HIDROGRAMA DE PROJETO																	
ΔT (hrs)	Q <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /s)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA															Q (m <sup>3</sup> /s)
		0.00	0.00	0.00	2.20	0.62	0.15	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	
0.000	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
1.608	11.91	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
3.216	23.81	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
4.823	35.72	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
6.431	47.62	0.00	0.00	0.00	26.14	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.14
8.039	59.53	0.00	0.00	0.00	52.29	7.41	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.70
9.647	52.40	0.00	0.00	0.00	78.43	14.81	1.75	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	94.99
11.255	45.27	0.00	0.00	0.00	104.58	22.22	3.49	1.13	0.00	-	-	-	-	-	-	-	131.42
12.862	38.14	0.00	0.00	0.00	130.72	29.62	5.24	2.26	0.97	0.00	-	-	-	-	-	-	<b>168.81</b>
14.470	31.01	0.00	0.00	0.00	115.07	37.03	6.99	3.40	1.93	0.84	0.00	-	-	-	-	-	165.25
16.078	23.88	0.00	0.00	0.00	99.41	32.59	8.73	4.53	2.90	1.68	0.75	0.00	-	-	-	-	150.59
17.686	16.75	0.00	0.00	0.00	83.76	28.16	7.69	5.66	3.86	2.53	1.49	0.67	0.00	-	-	-	133.81
19.293	9.62	0.00	0.00	0.00	68.10	23.72	6.64	4.98	4.83	3.37	2.24	1.34	0.61	0.00	-	-	115.83
20.901	2.50	0.00	0.00	0.00	52.45	19.29	5.59	4.30	4.25	4.21	2.99	2.01	1.22	0.56	0.00	-	96.87
22.509	0.00	0.00	0.00	0.00	36.79	14.86	4.55	3.63	3.67	3.70	3.73	2.68	1.83	1.12	0.52	0.00	77.08
24.117	0.00	0.00	0.00	0.00	21.13	10.42	3.50	2.95	3.09	3.20	3.29	3.36	2.44	1.68	1.03	0.48	56.57
25.725	0.00	0.00	0.00	0.00	5.48	5.99	2.46	2.27	2.51	2.70	2.84	2.95	3.05	2.24	1.55	0.96	34.99
27.332	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55	1.41	1.59	1.94	2.19	2.39	2.55	2.68	2.80	2.07	1.44	22.61
28.940	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.91	1.36	1.69	1.94	2.15	2.32	2.46	2.58	1.92	17.70
30.548	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.78	1.18	1.50	1.75	1.95	2.13	2.27	2.40	14.20
32.156	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.68	1.05	1.35	1.59	1.79	1.96	2.11	10.73
33.764	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.60	0.94	1.22	1.46	1.65	1.82	7.88
35.371	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.54	0.86	1.12	1.34	1.54	5.56
36.979	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.49	0.79	1.04	1.25	3.71
38.587	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.45	0.73	0.96	2.27
40.195	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.42	0.68	1.21
41.802	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.39	0.50
43.410	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10
45.018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**GRÁFICO DO HIDROGRAMA**  
TR = 25 anos - N = 72





**Canhedo Beppu**  
Engenheiros Associados S/C Ltda

**CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO PELO MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIÂNGULAR**

CLIENTE: Rota das Bandeiras

SUB-TRECHO: -

PROJETO: Prolongamento da Rodovia SP-083

Nº DA BACIA: 4E

TRECHO: km 12+300

DATA: 01/08/2012

ÁREA DA BACIA: 230.06 Km<sup>2</sup>

PERÍODO DE RETORNO: 50 anos

DECLIVIDADE: 2.75 m/km

COEF. DE DEFLÚVIO: 72

TEMPO DE CONCENTRAÇÃO: 12.06 h

TEMPO DE PICO: 8.04 h

TEMPO DE RECESSÃO: 13.43 h

CONST. DE TEMPO UNITÁRIO: 7.5

TEMPO DE BASE: 21.46 h

VAZÃO DE PICO: 59.53 m<sup>3</sup>/s

ΔT (hrs)	P (cm)	P' (cm)	ΔP (cm)	ΔP (CORRIGIDO) (cm)	ΔP ACUMULADO (cm)	Pe (cm)	ΔPe (cm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.608	8.568	7.743	7.743	0.205	0.205	0.000	0.000
3.216	9.821	8.874	1.132	0.358	0.564	0.000	0.000
4.823	10.435	9.430	0.555	0.555	1.119	0.000	0.000
6.431	10.832	9.788	0.358	7.743	8.861	2.828	2.828
8.039	11.121	10.049	0.262	1.132	9.993	3.592	0.764
9.647	11.349	10.255	0.205	0.262	10.255	3.775	0.183
11.255	11.536	10.424	0.169	0.169	10.424	3.895	0.119
12.862	11.694	10.567	0.143	0.143	10.567	3.997	0.102
14.470	11.832	10.691	0.124	0.124	10.691	4.086	0.089
16.078	11.953	10.801	0.110	0.110	10.801	4.165	0.079
17.686	12.062	10.900	0.098	0.098	10.900	4.236	0.071
19.293	12.161	10.989	0.089	0.089	10.989	4.300	0.065
20.901	12.251	11.070	0.082	0.082	11.070	4.360	0.059
22.509	12.335	11.146	0.075	0.075	11.146	4.415	0.055
24.117	12.412	11.215	0.070	0.070	11.215	4.466	0.051
25.725	12.484	11.280	0.065	0.065	11.280	4.513	0.048
27.332	12.551	11.341	0.061	0.061	11.341	4.558	0.045
28.940	12.614	11.398	0.057	0.057	11.398	4.600	0.042
30.548	12.674	11.453	0.054	0.054	11.453	4.640	0.040
32.156	12.731	11.504	0.051	0.051	11.504	4.678	0.038
33.764	12.785	11.552	0.049	0.049	11.552	4.714	0.036
35.371	12.836	11.599	0.046	0.046	11.599	4.749	0.034
36.979	12.885	11.643	0.044	0.044	11.643	4.782	0.033
38.587	12.932	11.686	0.042	0.042	11.686	4.813	0.032
40.195	12.977	11.726	0.041	0.041	11.726	4.844	0.030
41.802	13.020	11.765	0.039	0.039	11.765	4.873	0.029
43.410	13.062	11.803	0.038	0.038	11.803	4.901	0.028
45.018	13.102	11.839	0.036	0.036	11.839	4.928	0.027
46.626	13.141	11.874	0.035	0.035	11.874	4.954	0.026
48.234	13.178	11.908	0.034	0.034	11.908	4.980	0.025
49.841	13.214	11.940	0.033	0.033	11.940	5.004	0.025
51.449	13.249	11.972	0.032	0.032	11.972	5.028	0.024
53.057	13.283	12.003	0.031	0.031	12.003	5.051	0.023
54.665	13.316	12.032	0.030	0.030	12.032	5.074	0.022



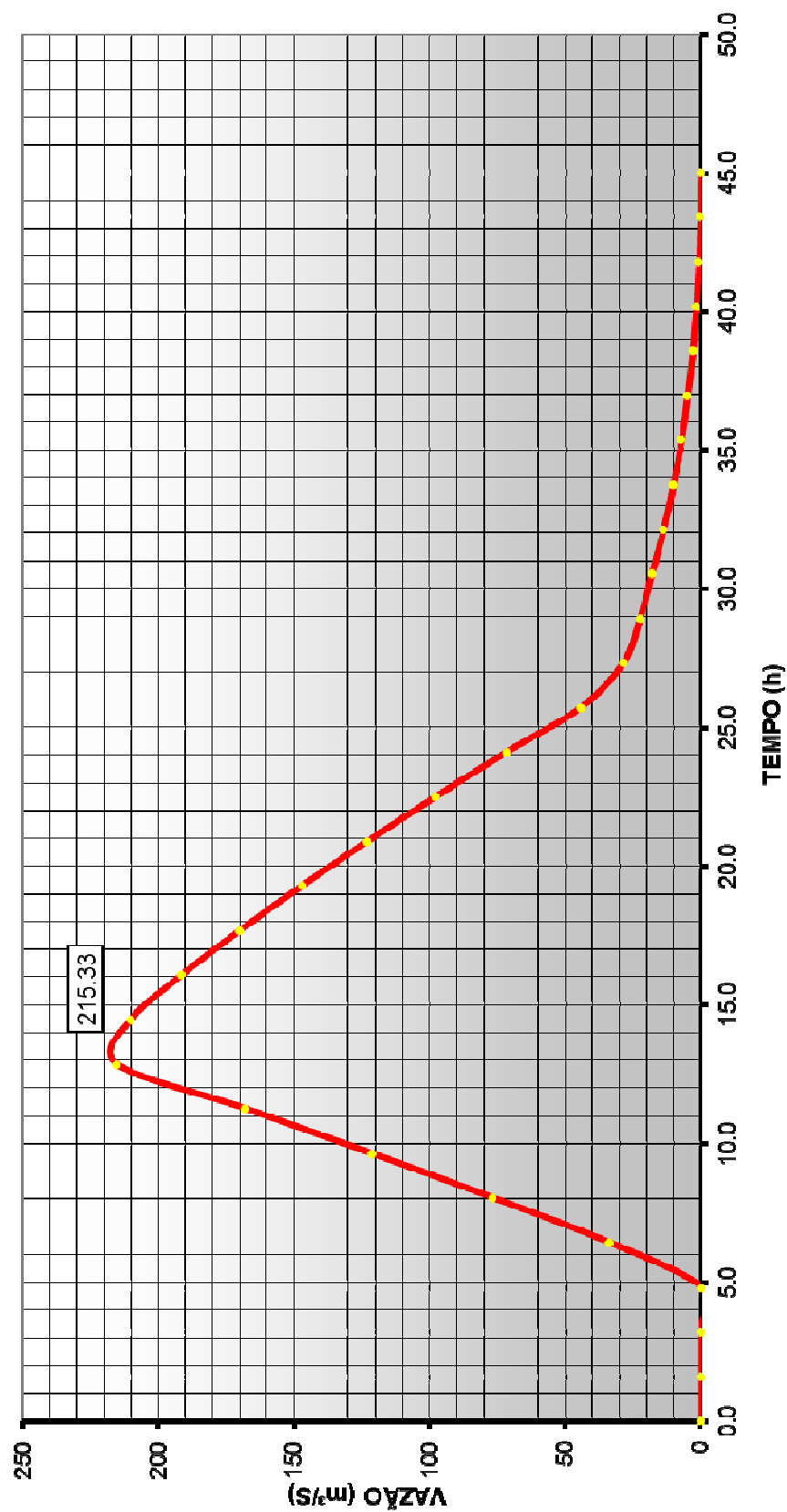
**Canhedo Beppu**  
Engenheiros Associados S/C Ltda

**CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO PELO MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIÂNGULAR**

CLIENTE:	Rota das Bandeiras	SUB-TRECHO:	-
PROJETO:	Prolongamento da Rodovia SP-083	Nº DA BACIA:	4E
TRECHO:	km 12+300	DATA:	01/08/2012
ÁREA DA BACIA:	230.1 Km <sup>2</sup>	PERÍODO DE RETORNO:	50 anos
DECLIVIDADE:	2.75 m/km	COEF. DE DEFLÚVIO:	72
TEMPO DE CONCENTRAÇÃO:	12.06 h	TEMPO DE PICO:	8.04 h
TEMPO DE RECESSÃO:	13.43 h	CONST. DE TEMPO UNITÁRIO:	7.5
TEMPO DE BASE:	21.46 h	VAZÃO DE PICO:	59.53 m <sup>3</sup> /s
VAZÃO DE BASE:	0.00 m <sup>3</sup> /s	VAZÃO DE PROJETO:	<b>215.33 m<sup>3</sup>/s</b>

HIDROGRAMA DE PROJETO																	
ΔT (hrs)	Q <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /s)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA															Q (m <sup>3</sup> /s)
		0.00	0.00	0.00	2.83	0.76	0.18	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	
0.000	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
1.608	11.91	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
3.216	23.81	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
4.823	35.72	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
6.431	47.62	0.00	0.00	0.00	33.67	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.67
8.039	59.53	0.00	0.00	0.00	67.35	9.09	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76.44
9.647	52.40	0.00	0.00	0.00	101.02	18.18	2.18	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	121.38
11.255	45.27	0.00	0.00	0.00	134.69	27.27	4.36	1.42	0.00	-	-	-	-	-	-	-	167.75
12.862	38.14	0.00	0.00	0.00	168.37	36.36	6.54	2.84	1.21	0.00	-	-	-	-	-	-	<b>215.33</b>
14.470	31.01	0.00	0.00	0.00	148.20	45.46	8.72	4.26	2.43	1.06	0.00	-	-	-	-	-	210.13
16.078	23.88	0.00	0.00	0.00	128.04	40.01	10.90	5.68	3.64	2.12	0.94	0.00	-	-	-	-	191.34
17.686	16.75	0.00	0.00	0.00	107.88	34.57	9.60	7.10	4.85	3.18	1.88	0.85	0.00	-	-	-	169.91
19.293	9.62	0.00	0.00	0.00	87.71	29.12	8.29	6.25	6.07	4.24	2.82	1.69	0.77	0.00	-	-	146.98
20.901	2.50	0.00	0.00	0.00	67.55	23.68	6.99	5.40	5.34	5.30	3.76	2.54	1.54	0.71	0.00	-	122.81
22.509	0.00	0.00	0.00	0.00	47.38	18.24	5.68	4.55	4.61	4.66	4.71	3.39	2.31	1.41	0.65	0.00	97.60
24.117	0.00	0.00	0.00	0.00	27.22	12.79	4.37	3.70	3.89	4.03	4.14	4.23	3.08	2.12	1.31	0.61	71.50
25.725	0.00	0.00	0.00	0.00	7.06	7.35	3.07	2.85	3.16	3.40	3.58	3.73	3.85	2.83	1.96	1.21	44.04
27.332	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	1.76	2.00	2.43	2.76	3.02	3.22	3.39	3.53	2.61	1.82	28.46
28.940	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	1.15	1.71	2.13	2.45	2.71	2.93	3.11	3.27	2.43	22.34
30.548	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.98	1.49	1.89	2.21	2.47	2.69	2.87	3.04	17.93
32.156	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.86	1.32	1.70	2.01	2.26	2.48	2.67	13.56
33.764	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.76	1.19	1.55	1.84	2.09	2.31	9.96
35.371	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.68	1.08	1.42	1.70	1.95	7.03
36.979	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.62	0.99	1.31	1.58	4.69
38.587	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.57	0.92	1.22	2.87
40.195	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.53	0.85	1.53
41.802	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.49	0.63
43.410	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13
45.018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**GRÁFICO DO HIDROGRAMA**  
TR = 50 anos - N = 72





**Canhedo Beppu**  
Engenheiros Associados S/C Ltda

**CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO PELO MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIÂNGULAR**

CLIENTE: Rota das Bandeiras SUB-TRECHO: -  
PROJETO: Prolongamento da Rodovia SP-083 Nº DA BACIA: 4E  
TRECHO: km 12+300 DATA: 01/08/2012

ÁREA DA BACIA: 230.06 Km<sup>2</sup> PERÍODO DE RETORNO: 100 anos  
DECLIVIDADE: 2.75 m/km COEF. DE DEFLÚVIO: 72  
TEMPO DE CONCENTRAÇÃO: 12.06 h TEMPO DE PICO: 8.04 h  
TEMPO DE RECESSÃO: 13.43 h CONST. DE TEMPO UNITÁRIO: 7.5  
TEMPO DE BASE: 21.46 h VAZÃO DE PICO: 59.53 m<sup>3</sup>/s

ΔT (hrs)	P (cm)	P' (cm)	ΔP (cm)	ΔP (CORRIGIDO) (cm)	ΔP ACUMULADO (cm)	Pe (cm)	ΔPe (cm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.608	9.617	8.690	8.690	0.241	0.241	0.000	0.000
3.216	11.052	9.987	1.297	0.417	0.658	0.000	0.000
4.823	11.764	10.630	0.643	0.643	1.301	0.000	0.000
6.431	12.225	11.047	0.417	8.690	9.991	3.591	3.591
8.039	12.564	11.353	0.306	1.297	11.288	4.519	0.929
9.647	12.831	11.594	0.241	0.306	11.594	4.746	0.226
11.255	13.051	11.793	0.199	0.199	11.793	4.894	0.148
12.862	13.238	11.962	0.169	0.169	11.962	5.021	0.127
14.470	13.401	12.109	0.147	0.147	12.109	5.132	0.111
16.078	13.545	12.239	0.130	0.130	12.239	5.230	0.099
17.686	13.674	12.356	0.117	0.117	12.356	5.319	0.089
19.293	13.791	12.462	0.106	0.106	12.462	5.400	0.081
20.901	13.898	12.559	0.097	0.097	12.559	5.474	0.074
22.509	13.997	12.648	0.089	0.089	12.648	5.543	0.069
24.117	14.089	12.731	0.083	0.083	12.731	5.606	0.064
25.725	14.175	12.808	0.077	0.077	12.808	5.666	0.060
27.332	14.255	12.881	0.073	0.073	12.881	5.722	0.056
28.940	14.331	12.949	0.068	0.068	12.949	5.775	0.053
30.548	14.402	13.014	0.065	0.065	13.014	5.825	0.050
32.156	14.470	13.075	0.061	0.061	13.075	5.873	0.048
33.764	14.534	13.133	0.058	0.058	13.133	5.918	0.045
35.371	14.595	13.189	0.055	0.055	13.189	5.961	0.043
36.979	14.654	13.242	0.053	0.053	13.242	6.003	0.041
38.587	14.710	13.292	0.051	0.051	13.292	6.043	0.040
40.195	14.764	13.341	0.049	0.049	13.341	6.081	0.038
41.802	14.816	13.388	0.047	0.047	13.388	6.117	0.037
43.410	14.866	13.433	0.045	0.045	13.433	6.153	0.035
45.018	14.914	13.476	0.043	0.043	13.476	6.187	0.034
46.626	14.960	13.518	0.042	0.042	13.518	6.220	0.033
48.234	15.005	13.558	0.040	0.040	13.558	6.252	0.032
49.841	15.048	13.598	0.039	0.039	13.598	6.282	0.031
51.449	15.090	13.636	0.038	0.038	13.636	6.312	0.030
53.057	15.131	13.672	0.037	0.037	13.672	6.342	0.029
54.665	15.170	13.708	0.036	0.036	13.708	6.370	0.028



**Canhedo Beppu**  
Engenheiros Associados S/C Ltda

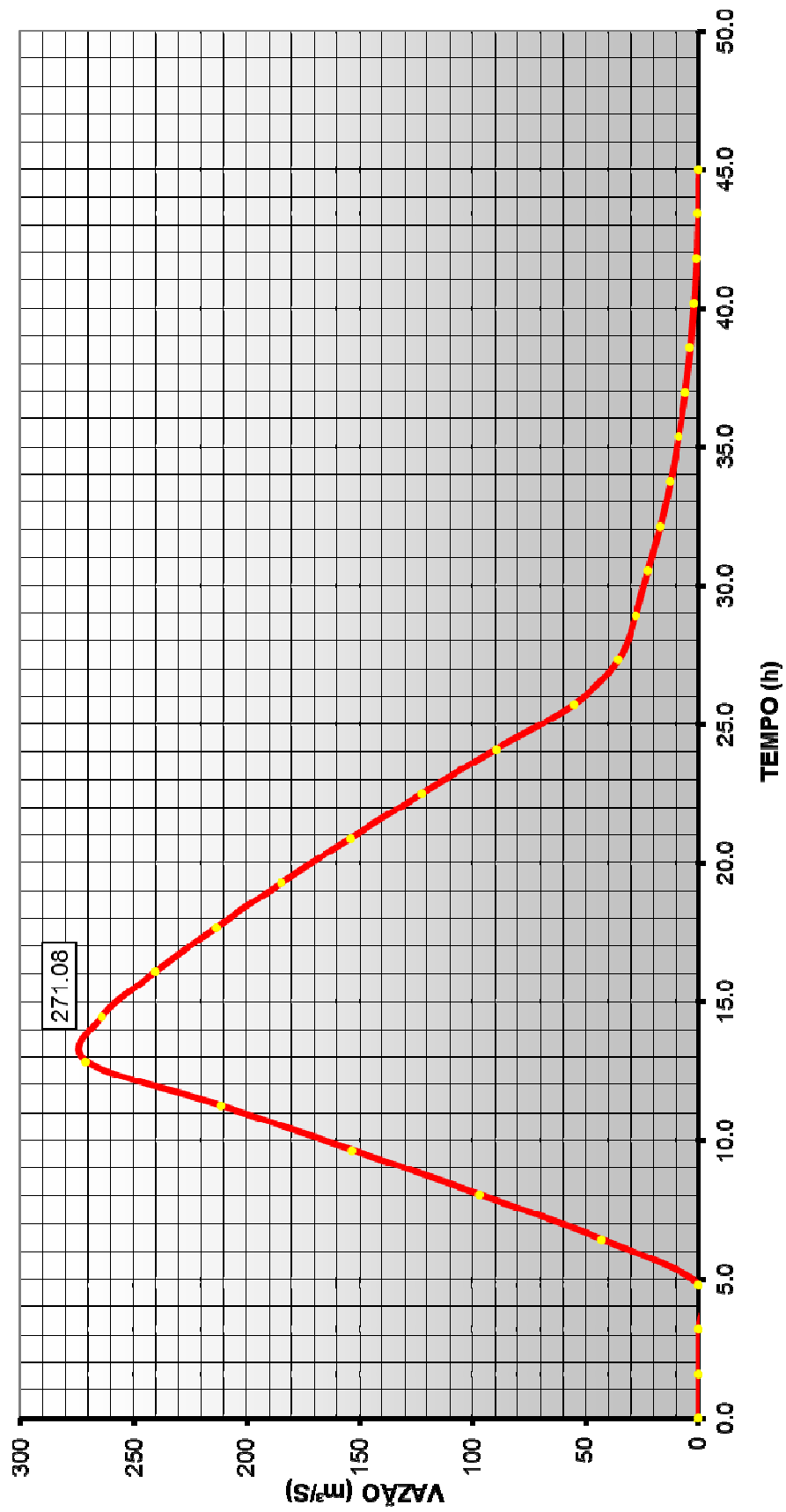
**CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO PELO MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIÂNGULAR**

CLIENTE:	Rota das Bandeiras	SUB-TRECHO:	-
PROJETO:	Prolongamento da Rodovia SP-083	Nº DA BACIA:	4E
TRECHO:	km 12+300	DATA:	01/08/2012
ÁREA DA BACIA:	230.1 Km <sup>2</sup>	PERÍODO DE RETORNO:	100 anos
DECLIVIDADE:	2.75 m/km	COEF. DE DEFLÚVIO:	72
TEMPO DE CONCENTRAÇÃO:	12.06 h	TEMPO DE PICO:	8.04 h
TEMPO DE RECESSÃO:	13.43 h	CONST. DE TEMPO UNITÁRIO:	7.5
TEMPO DE BASE:	21.46 h	VAZÃO DE PICO:	59.53 m <sup>3</sup> /s
VAZÃO DE BASE:	0.00 m <sup>3</sup> /s	VAZÃO DE PROJETO:	<b>271.08 m<sup>3</sup>/s</b>

HIDROGRAMA DE PROJETO																	
ΔT (hrs)	Q <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /s)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA															Q (m <sup>3</sup> /s)
		0.00	0.00	0.00	3.59	0.93	0.23	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	
0.000	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
1.608	11.91	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
3.216	23.81	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
4.823	35.72	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
6.431	47.62	0.00	0.00	0.00	42.75	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.75
8.039	59.53	0.00	0.00	0.00	85.49	11.05	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.55
9.647	52.40	0.00	0.00	0.00	128.24	22.11	2.69	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	153.04
11.255	45.27	0.00	0.00	0.00	170.99	33.16	5.39	1.77	0.00	-	-	-	-	-	-	-	211.30
12.862	38.14	0.00	0.00	0.00	213.73	44.22	8.08	3.53	1.51	0.00	-	-	-	-	-	-	<b>271.08</b>
14.470	31.01	0.00	0.00	0.00	188.14	55.27	10.78	5.30	3.02	1.32	0.00	-	-	-	-	-	263.82
16.078	23.88	0.00	0.00	0.00	162.54	48.65	13.47	7.06	4.53	2.64	1.17	0.00	-	-	-	-	240.07
17.686	16.75	0.00	0.00	0.00	136.94	42.03	11.86	8.83	6.04	3.96	2.35	1.06	0.00	-	-	-	213.07
19.293	9.62	0.00	0.00	0.00	111.35	35.41	10.25	7.77	7.55	5.28	3.52	2.11	0.96	0.00	-	-	184.21
20.901	2.50	0.00	0.00	0.00	85.75	28.79	8.63	6.71	6.65	6.60	4.70	3.17	1.92	0.88	0.00	-	153.81
22.509	0.00	0.00	0.00	0.00	60.15	22.17	7.02	5.65	5.74	5.81	5.87	4.23	2.89	1.77	0.82	0.00	122.13
24.117	0.00	0.00	0.00	0.00	34.56	15.56	5.41	4.60	4.84	5.02	5.17	5.29	3.85	2.65	1.63	0.76	89.32
25.725	0.00	0.00	0.00	0.00	8.96	8.94	3.79	3.54	3.93	4.23	4.46	4.65	4.81	3.53	2.45	1.52	54.83
27.332	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.32	2.18	2.48	3.03	3.44	3.76	4.02	4.24	4.42	3.27	2.28	35.43
28.940	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	1.43	2.13	2.65	3.06	3.39	3.66	3.89	4.09	3.04	27.88
30.548	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	1.22	1.86	2.35	2.75	3.08	3.36	3.60	3.80	22.40
32.156	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	1.07	1.65	2.12	2.51	2.83	3.11	3.35	16.95
33.764	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.95	1.49	1.93	2.30	2.62	2.89	12.45
35.371	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.85	1.35	1.77	2.13	2.44	8.79
36.979	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.78	1.24	1.64	1.98	5.86
38.587	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.71	1.15	1.52	3.59
40.195	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.66	1.07	1.92
41.802	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.61	0.79
43.410	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.16
45.018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



**GRÁFICO DO HIDROGRAMA**  
**TR = 100 anos - N = 72**



## 5. DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE ÁGUA

Conforme a Instrução de Projeto do DER/SP – IP-DE-H00/001, o período de retorno a ser adotado para a verificação hidráulica é de 100 anos, tendo em vista que a travessia será constituída por uma ponte.

Para a determinação do nível d'água (N.A.) para a cheia centenária, foram utilizadas as informações do projeto básico da ponte relativas ao perfil natural do terreno e cotas de implantação da estrutura.

A equação utilizada no cálculo foi a de Manning, a seguir apresentada:

$$Q = \frac{A.Rh^{2/3}.\sqrt{I}}{n}$$

Onde:

Q = vazão em metros cúbicos por segundo;

A = área da seção molhada em metros quadrados;

Rh = raio hidráulico em metros;

I = declividade longitudinal em m/m;

η = coeficiente de rugosidade.

Os valores dos coeficientes de rugosidade utilizados no cálculo são aqueles constantes no “Manual de Drenagem de Rodovias” – DNER – “Valores dos Coeficientes de Rugosidade “η” para Cursos d’água Natural”, a seguir apresentado.

**Arroios menores – Largura à superfície no estágio de inundação menor que 30,00 metros.**

*Cursos d'água em região plana:*

Limpo, regular, cheio e de fundo regular	0,025	0,030
Idem, mas com pedras e vegetação	0,030	0,035
Limpo, sinuoso, algumas piscinas e bancos de areia	0,033	0,040
Idem, alguma vegetação e pedras	0,035	0,045
Alguma vegetação, plantas livres nas margens	0,040	0,048
Alguma vegetação, plantas pesadas nas margens	0,050	0,070
Correntes muito lentas, cheias de plantas e piscinas profundas	0,050	0,070
Alguma vegetação, densos salgueiros nas margens	0,060	0,080
Para árvores dentro do canal com ramos submersos no estágio alto, todos os valores acima devem ser acrescidos de	0,010	0,020
Seção irregular, com charcos, meandros suaves, aumente os valores acima de	0,010	0,020

<i>Correntes montanhosas, sem vegetação no canal, margens íngremes, árvores e plantas ao longo das margens submersas no alto estágio:</i>		
Fundo de cascalho, seixo rolado e poucos matacões	0,040	0,050
Fundo de seixos com grandes matacões	0,050	0,070
Várzeas ( adjacente ao curso d'água natural )		
Pasto sem arbusto		
Capim baixo	0,040	0,050
Capim alto	0,050	0,070
Áreas cultivadas		
Semeadura	0,030	0,040
Vegetação rasteira alinhada	0,035	0,045
Vegetação rasteira não alinhada	0,040	0,050
Mato cerrado, arbustos dispersos	0,050	0,070
Arbustos pequenos e árvores	0,050	0,080
Vegetação de média a densa	0,070	0,110
Árvores de grande porte:		
Salgueiros densos em verão	0,115	0,200
Terra limpa com tocos de árvores (250 a 400 por ha sem renovos)	0,040	0,050
Arvoredo denso, algumas árvores baixas, pouca vegetação rasteira, estágio caudaloso sob os ramos	0,100	0,120
Idem, mas com o estágio caudaloso atingindo os ramos	0,120	0,160

<b>Arroios maiores – Largura à superfície no estágio de inundação maior que 30,00 metros</b>		
O valor de $\eta$ é menor que aqueles para arroios menores de características equivalentes uma vez que as margens oferecem menor resistência		
Seção regular sem matações ou arbustos	0,025	0,060
Seção irregular e não trabalhada	0,035	0,100

Para a seção transversal considerada, o valor de  $\eta$  é de 0,045 no leito menor e 0,060 nas margens. A declividade longitudinal do rio, no trecho sob a travessia, é de aproximadamente 0,25%.

A altura de água na seção de projeto é de 4,93 m, com velocidade média de escoamento igual a 1,35 m/s. O fundo do terreno natural está na cota 597,49 m, enquanto que a cota inferior da estrutura da ponte está na cota 616,89.

Sendo assim, como o nível máximo de água é igual a 602,42 m, a borda livre disponível é de aproximadamente 14,50 m.

A seguir são apresentadas a planilha de cálculo e a seção de cálculo com a indicação da lâmina máxima de água para a vazão centenária.

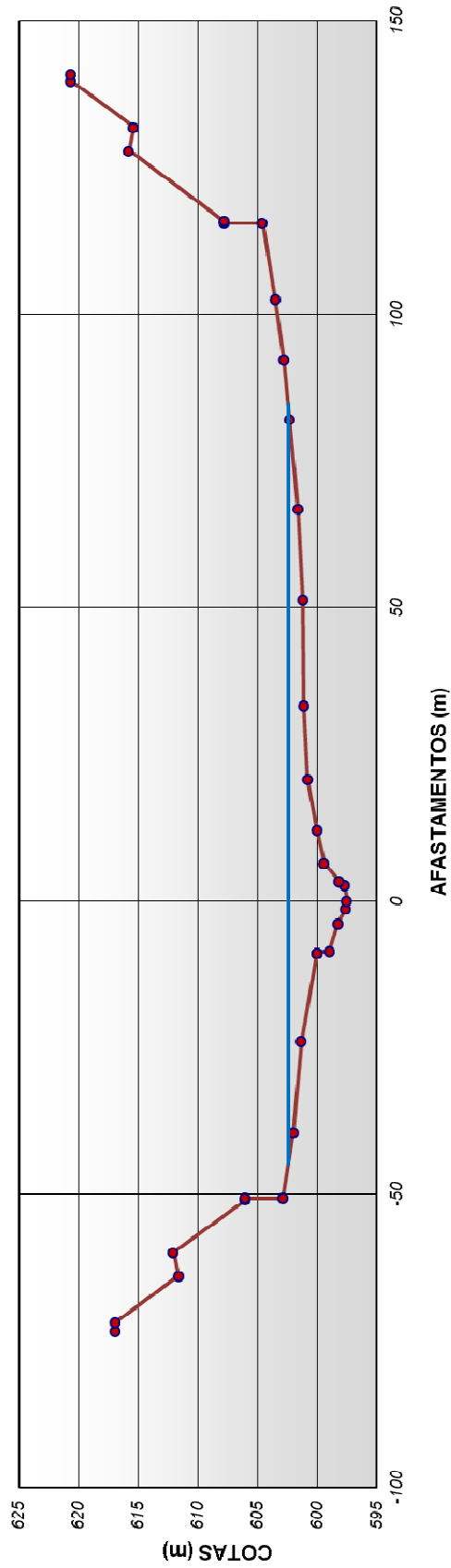
### CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA SEÇÃO SOB O RIO CAPIVARI - TR = 100 ANOS

**Cliente** : Rota das Bandeiras  
**Projeto** : Prolongamento da Rodovia SP-083  
**Local** : km 17+500

N.A. (m) 602.421 declividade longitudinal (m/m) 0.0025 Observações:

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL								DADOS HIDRÁULICOS DO CANAL			
afastamento em relação ao eixo (m)	cota (m)	m (tangente da reta)	Área da seção molhada	Perímetro Molhado	largura da lâmina d'água	coeficiente de rugosidade	rug.*pm	Área da seção molhada (m²)	Perímetro Molhado (m)	largura da lâmina d'água (m)	rugosidade média
-73.317	616.882										
-71.867	616.882	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000	200.4935	130.9026	129.4243	0.049
-63.982	611.625	-0.6667	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000				
-59.982	612.025	0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000				
-50.982	606.025	-0.6667	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000	Vazão de	Velocidade	Número de	Regime de
-50.682	606.025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000	Capacidade	Média (m/s)	Froude Fr²	escoamento
-50.682	602.888	VERTICAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000	(m³/s)			
-39.518	601.992	-0.0803	1.1474	5.3644	5.3472	0.060	0.3219	271.080	1.352	0.120	subcrítico
-23.849	601.323	-0.0427	11.9657	15.6833	15.6690	0.060	0.9410				
-8.972	600.006	-0.0885	26.1337	14.9352	14.8770	0.060	0.8961				
-8.863	599.992	-0.1284	0.2640	0.1099	0.1090	0.060	0.0066				
-8.857	599.985	-1.1667	0.0146	0.0092	0.0060	0.060	0.0006				
-8.534	598.992	-3.0743	0.9472	1.0442	0.3230	0.045	0.0470				
-3.86	598.262	-0.1562	17.7339	4.7307	4.6740	0.045	0.2129				
-1.275	597.598	-0.2569	11.6096	2.6689	2.5850	0.045	0.1201				
0	597.49	-0.0847	6.2184	1.2796	1.2750	0.045	0.0576				
2.743	597.695	0.0747	13.2450	2.7506	2.7430	0.045	0.1238				
3.287	598.142	0.8217	2.4494	0.7041	0.5440	0.045	0.0317				
6.325	599.416	0.4194	11.0649	3.2943	3.0380	0.045	0.1482				
12.061	599.992	0.1004	15.5856	5.7648	5.7360	0.045	0.2594				
20.696	600.79	0.0924	17.5304	8.6718	8.6350	0.045	0.3902				
33.237	601.105	0.0251	18.4811	12.5450	12.5410	0.045	0.5645				
51.395	601.198	0.0051	23.0544	18.1582	18.1580	0.045	0.8171				
66.745	601.598	0.0261	15.7054	15.3552	15.3500	0.045	0.6910				
82.094	602.306	0.0461	7.2010	15.3653	15.3490	0.045	0.6914				
92.327	602.784	0.0467	0.1419	2.4679	2.4652	0.045	0.1111				
102.56	603.498	0.0698	0.0000	0.0000	0.0000	0.045	0.0000				
115.583	604.557	0.0813	0.0000	0.0000	0.0000	0.045	0.0000				
115.583	607.78	VERTICAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000				
115.883	607.78	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000				
127.883	615.78	0.6667	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000				
131.883	615.38	-0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000				
139.802	620.66	0.6668	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000				
140.86	620.66	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.060	0.0000				

SEÇÃO TRANSVERSAL - LEITO MAIOR



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise hidráulica da ponte sob o Rio Capivari objetiva a verificação da segurança na ocorrência de uma vazão de projeto associada a um período de retorno. Como citado anteriormente, devido à relevância da obra, o período de retorno adotado para o cálculo da vazão de projeto foi de 100 anos.

Salienta-se que a borda livre mínima exigida pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e pelo DER/SP é de, respectivamente, 20% da altura de água na seção 1,00 m. A tabela a seguir apresenta um resumo das características da seção sob a ponte.

<b>Cota de fundo (m)</b>	<i>597.49</i>
<b>Cota N.A. máximo (m)</b>	<i>602.42</i>
<b>Altura d'água (m)</b>	<i>4.93</i>
<b>Cota inferior da estrutura (m)</b>	<i>616.89</i>
<b>Borda livre <b>mínima</b> (m)</b>	<i>1.00</i>
<b>Borda livre <b>disponível</b> (m)</b>	<i>14.47</i>
<b>Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s) TR=100 anos</b>	<i>271.08</i>
<b>Velocidade média (m/s)</b>	<i>1.35</i>

Portanto, o estudo hidráulico da ponte sob o Rio Capivari permite inferir que as exigências de borda livre mínima e velocidade máxima do escoamento atendem as normas estabelecidas pelo DAEE e DER-SP.