


 ARTESP AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO		CÓDIGO MC-SPD234310-234.235-009-H04/001		REV. 0	
EMISSÃO Agosto/2015		FOLHA 1 de 13			
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A		RESPONSÁVEL TÉCNICO Master Consultoria e Projetos S/S Ltda.			
LOTE 9		RODOVIA SP-310 – Rodovia Washington Luís		D E – DER	
ESTACA km 234+200		COORD. ADJUNTO			
OBJETO Memorial de Cálculo dos Elementos de Drenagem		COORD. DA COMISSÃO			
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA DE-SPD234310-234.235-009-H01/001 DE-SPD234310-234.235-009-H04/001 DE-SPD234310-234.235-009-H06/001 DE-SPD234310-234.235-009-H07/001					
DOCUMENTOS RESULTANTES					
OBSERVAÇÃO					
0	04/08/2015	Eng. Bruno Rebello			
REVISÃO	DATA	RESPONSÁVEL TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO	APROVAÇÃO

 ARTESP AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO	CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001		REV. 0
	EMIÇÃO Agosto / 2015		FOLHA 2 de 13
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda		

ÍNDICE

1	APRESENTAÇÃO.....	3
2	ESTUDOS HIDROLÓGICOS E CLIMATOLÓGICOS.....	4
3	METODOLOGIA DO ESTUDO HIDROLÓGICO.....	6
4	ESTUDO HIDRÁULICO.....	8
5	DRENAGEM DO CORPO ESTRADAL.....	10
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
	ANEXO A – PLANILHA DE CÁLCULO – VALETAS.....	12
	ANEXO B – PLANILHA CÁLCULO – BUEIROS DE GREIDE.....	13

 ARTESP AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO	CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001		REV. 0
	EMIÇÃO Agosto / 2015		FOLHA 3 de 13
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda		

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar os estudos hidráulicos e critérios utilizados para o dimensionamento dos elementos de drenagem da obra localizada na Rodovia Washington Luís (SP-310), km 234+200, na cidade de São Carlos.

A Figura 1 a seguir ilustra o segmento rodoviário em estudo.

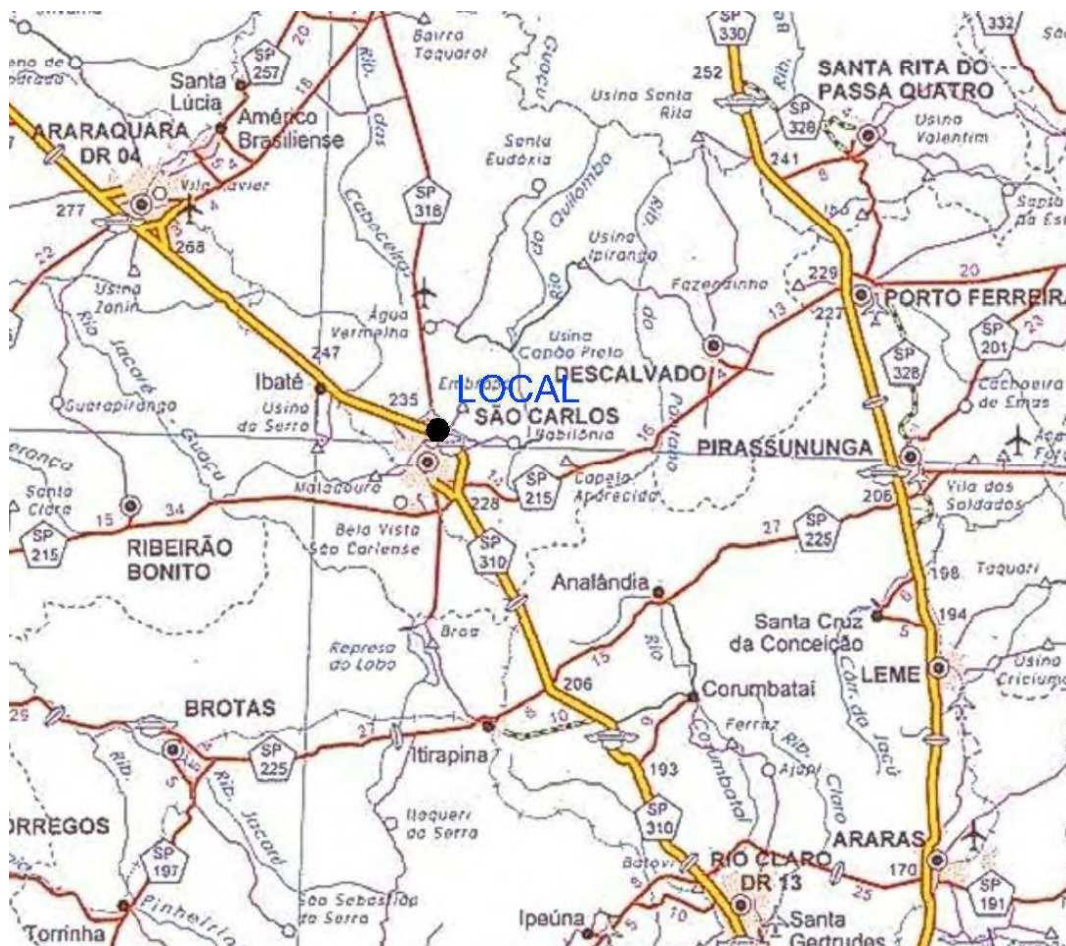


Figura 1 – Mapa de Localização

	CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001		REV. 0
	EMISSÃO Agosto / 2015		FOLHA 4 de 13
EMITENTE 	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda		

2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E CLIMATOLÓGICOS

2.1- Caracterização física da área:

A área na bacia de contribuição pertence ao município de São Carlos, apresenta um relevo levemente ondulado, sofreu grande ação antrópica ao longo do tempo e hoje é utilizada como área predominantemente urbana.

2.2- Caracterização do Regime Climatológico Regional

Visando efetuar a classificação climatológica da área, foi utilizada a metodologia adotada por Wladimir Köppen, que leva em consideração a quantidade de precipitações, a temperatura média e a umidade relativa.

Conforme essa classificação, resumida na figura 2, o segmento rodoviário em questão localiza-se no tipo CWa, (região amarela) que caracteriza-se por períodos de verão quente e úmido, invernos secos, com temperaturas do mês mais quente acima de 22°C e do mês mais frio acima de 10°C, e a precipitação do mês mais seco mostrando-se inferior a 30 mm.

<div>ARTESP</div> <div>AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO</div>		CÓDIGO	REV.
		MC-SPD234310.234.235-009-H04/001	0
<div>EMITENTE</div> <div>TRIÂNGULO DO SOL</div> <div>AUTO-ESTRADAS S/A</div>		EMIÇÃO	FOLHA
		Agosto / 2015	5 de 13
		RESP. TÉCNICO	
		MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda	

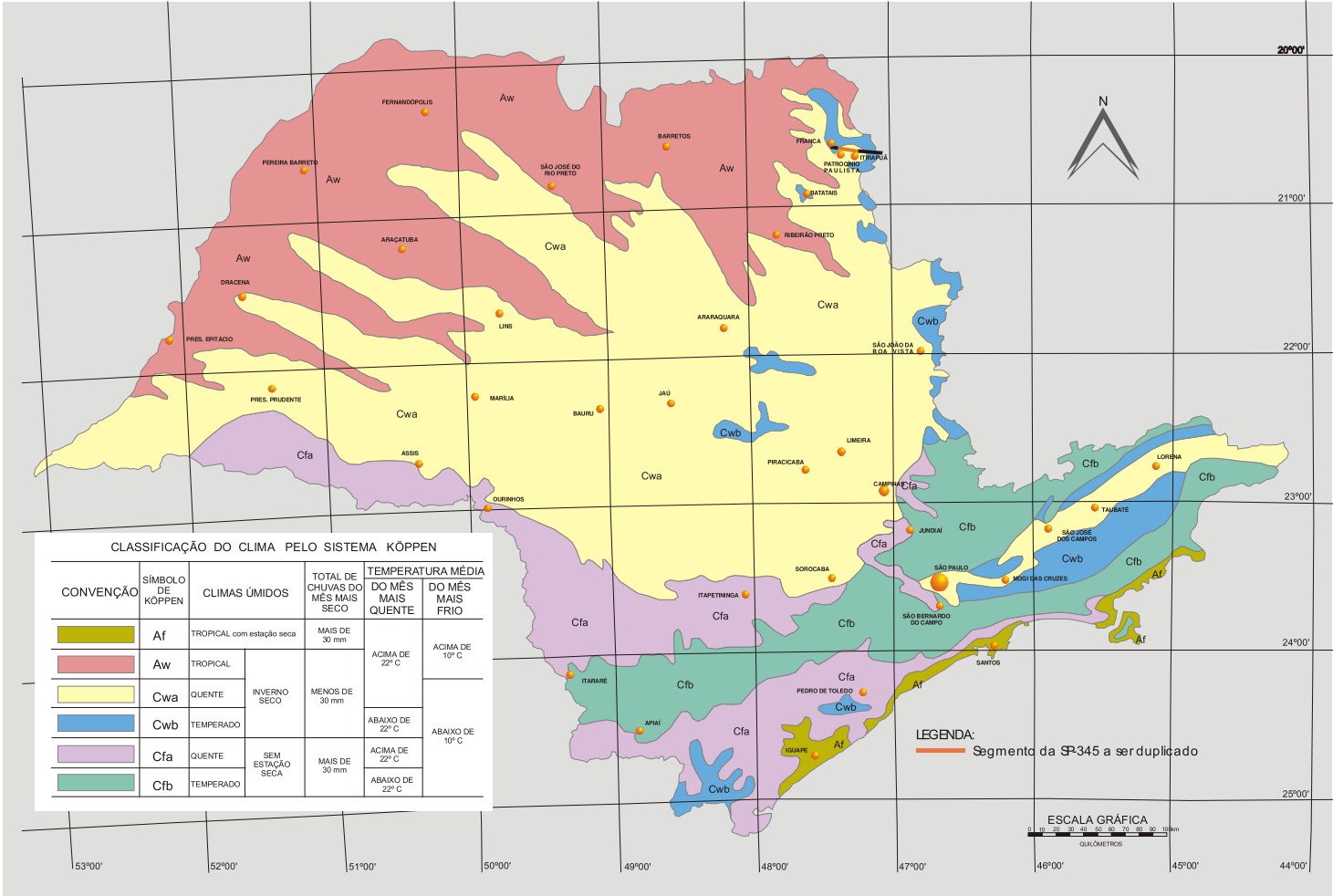


Figura 2 – Classificação Climática de Wladimir Köppen

 ARTESP AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO	CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001		REV. 0
	EMISSÃO Agosto / 2015		FOLHA 6 de 13
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda		

2.3 Estudo das Chuvas Intensas.

Foi utilizada a equação de chuvas da cidade de Araraquara – SP, devido ao fato de ser a cidade com a equação definida mais próxima do trecho em estudo, e apresentar características semelhantes de relevo e clima.

Equação para $10 \leq t \leq 105$:

$$i_{t,T} = 32,4618 (t+15)^{-0,8684} + 2,1429 (t+15)^{-0,5482} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(T/T-1)]$$

Equação para $105 < t \leq 1440$:

$$i_{t,T} = 32,4618 (t+15)^{-0,8684} + 18,4683 (t+15)^{-0,9984} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(T/T-1)]$$

Onde:

i: intensidade da chuva correspond. à duração t e período de retorno T (mm/min);

t: duração da chuva (min);

T: período de retorno (anos).

3- METODOLOGIA DO ESTUDO HIDROLÓGICO:

3.1- Estudo do escoamento superficial

A bacia em estudo localiza-se totalmente na área urbanizada do município de São Carlos.

O coeficiente de escoamento depende do uso da superfície do solo. O coeficiente de escoamento final será calculado através da média ponderada entre eles, levando-se em consideração a área parcial de cada um.

$$C = \frac{\sum C_i * A_i}{\sum A_i}$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento superficial ponderado (adimensional);

C_i = coeficiente de escoamento superficial da área parcial "i" avaliado em função do uso e ocupação do solo (adimensional);

A_i = área parcial (ha).

 ARTESP AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO	CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001		REV. 0
	EMIÇÃO Agosto / 2015		FOLHA 7 de 13
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda		

Para a plataforma da estrada e a área externa, serão adotados os seguintes valores:

- áreas pavimentadas.....C = 0,90;
- superfícies em taludes.....C = 0,70;
- áreas urbanizadas.....C = 0,75;
- superfícies gramadas.....C = 0,35.

3.2- Metodologia e parâmetros para determinação da vazão de projeto

3.2.1- Período de retorno

- No caso temos apenas dispositivos de drenagem superficial, portanto o período de retorno será Tr = 10 anos.

3.2.2- Método de cálculo

Como a bacia de contribuição é menor que 2,0 km², para determinar as vazões de pico será utilizado o Método Racional, apresentado na publicação Engenharia de Drenagem Superficial, de Paulo Sampaio Wilken.

Método Racional:

$$Q = \frac{C * i * A}{6}$$

Onde:

- Q = vazão de pico, (m³/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- i = intensidade pluviométrica (mm/min);
- A = área da bacia de contribuição, (ha).

a) Coeficiente de escoamento superficial:

Os coeficientes de escoamento superficial serão adotados em função do tipo e uso do solo, no caso a área da bacia é totalmente urbanizada e serão adotados os seguintes valores para o Coeficiente de escoamento superficial:

- áreas pavimentadas.....C = 0,90;
- superfícies em taludes.....C = 0,70;
- áreas urbanizadas.....C = 0,75;

 AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO	CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001		REV. 0
	EMISSÃO Agosto / 2015		FOLHA 8 de 13
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda		

- superfícies gramadas.....C = 0,35.

b) Tempo de Concentração

O tempo de concentração é definido como sendo o tempo que leva uma gota d'água teórica para ir do ponto mais afastado da bacia até o ponto de estudo, sendo determinado através da fórmula do *California Highways and Public Roads*, expressa a seguir:

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

Onde:

tc = tempo de concentração (min);
 L = comprimento do talvegue (km);
 Ieq = declividade média do talvegue (m/km).

Para os bueiros de greide e valetas, em função do comprimento do talvegue, foi adotado tempo de concentração mínimo de 10 minutos.

4 ESTUDOS HIDRÁULICOS

O dimensionamento dos dispositivos de drenagem, tais como canais, bueiros e galerias, foi fundamentado nos estudos hidrológicos, determinando-se as seções de vazão necessárias para captar e afastar as águas que atingem o corpo estradal.

4.1 Dimensionamento Hidráulico

A altura da lâmina de água e velocidade de escoamento das valetas, sarjetas, canais, bueiros e galerias foram determinados utilizando-se a fórmula de Manning associada à equação de continuidade.

Fórmula de Manning:

$$V = \frac{Rh^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I}}{\eta}$$

Onde:

V = velocidade de escoamento (m/s);
 I = declividade (m/m);

 ARTESP AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO	CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001		REV. 0
	EMIÇÃO Agosto / 2015		FOLHA 9 de 13
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda		

Rh = raio hidráulico (m);

n = coeficiente de rugosidade (adimensional).

Equação da continuidade:

$$Q = A * V$$

Onde:

Q = vazão (m³/s)

A = área (m²);

V = velocidade de escoamento (m/s)

Os coeficientes de rugosidade adotados foram:

- Canais e galerias em concreto.....n = 0,015
- bueiros de greide.....n = 0,013
- bueiros metálicos.....n = 0,024
- revestimento de grama:

a) Sarjetas de corte ou valetas de proteção, decliv < 2%.....n = 0,049

b) Sarjetas de corte ou valetas de proteção, decliv 2% ≤ I ≤ 4%.....n = 0,047

c) Sarjetas de corte ou valetas de proteção, decliv > 4%.....n = 0,055

As velocidades máximas de escoamento foram definidas para não ocasionarem erosão nos dispositivos com revestimento, ou causar abrasão nos dispositivos com revestimento de concreto, conforme relacionadas a seguir:

- bueiros de greide.....6,00 m/s (trecho final 4,50 m/s)
- sarjetas e valetas revestidas em concreto.....6,00 m/s
- sarjetas e valetas revestidas em grama.....1,80 m/s

4.2 Critério de Dimensionamento - Borda Livre

A lâmina d'água máxima admitida nos elementos de drenagem será tal que se garanta uma borda livre mínima de:

$$f = 0,20 * h$$

Onde:

	CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001		REV. 0
	EMISSÃO Agosto / 2015		FOLHA 10 de 13
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda		

f = Borda livre mínima (m)

h = Altura da seção protegida pelo revestimento (h)

Conforme IP-DE-H00/002, nas seções triangulares, revestidas de concreto, admite-se lâmina d'água máxima igual à altura protegida pelo revestimento.

5 DRENAGEM DO CORPO ESTRADAL

O sistema de drenagem do corpo estradal foi elaborado de modo a interceptar e afastar os deflúvios que atingem as plataformas das pistas.

A ampliação do sistema de drenagem é composta de bueiros de greide, caixas coletoras e de transição, valetas, poços de visita e boca de bueiro.

O sistema de drenagem existente foi aproveitado onde possível e descartado onde necessário.

5.1 Valetas de Proteção

As valetas de proteção de pé de aterro e crista de corte foram projetadas com a finalidade de interceptar as águas superficiais que poderiam atingir o corpo estradal e conduzi-las para locais de deságue seguros. Possuem seção trapezoidal e revestimento de concreto, conforme detalhes apresentados no PP-DE-H07/004.

As planilhas de dimensionamento das valetas de proteção estão apresentadas no ANEXO A.

5.2 Caixas Coletoras e de Transição

As caixas coletoras localizadas nas sarjetas de corte possuem grelha de concreto, com as seguintes finalidades:

- coletar águas conduzidas por valetas e sarjetas de plataforma a serem esgotadas por bueiros de greide;
- coletar águas provenientes de descidas d'água situadas nos taludes dos cortes;

As caixas de transição possuem a finalidade de mudar a direção dos bueiros, seja horizontal ou verticalmente, conforme a necessidade do projeto.

5.4 Bueiros de Greide

 AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO	CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001		REV. 0
	EMIÇÃO Agosto / 2015		FOLHA 11 de 13
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda		

Os bueiros de greide foram dimensionados considerando-se regime permanente, lâmina d'água máxima (Y/D) de 0,82 e coeficiente de rugosidade (n) de 0,013 para tubos de concreto.

Os tubos deverão ser assentados sobre base de 1º classe (exceto onde indicado), conforme detalhe no PP-DE-H07/072.



Vide dimensionamento dos bueiros de greide no ANEXO B.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Rio de Janeiro, 2006. IPR-724.
- 2 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução de Projeto**. IP-DE-H00/001 e 002_A. São Paulo, 2005.
- 3 PORTO, RODRIGO DE MELO. **Hidráulica Básica**. EESC-USP. São Carlos, 1999. 540 p.
- 4 WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 478 p.
- 5 CHOW, V. T. **Open Channel Hydraulic**. New York, McGraw-Hill, Book, 1959.
- 6 JÚNIOR, F.M; MAGNI, N.G. **Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo, Convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica e Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 125 p.
- 7 PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. 2. ed. Curitiba, EDUCA – Editora Universitária Champagnat, 1988. 442 p.



São José do Rio Preto – SP, Agosto de 2015.

Master Consultoria e Projetos S/S Ltda
Eng. Pedro D. Zacarin
CREA 0600811727

 ARTESP <small>AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO</small>		CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001	REV. 0
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL <small>AUTO-ESTRADAS S/A</small>		EMIÇÃO Agosto / 2015	FOLHA 12 de 13
RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda			

ANEXO A – PLANILHA DE CÁLCULO – VALETAS DE PROTEÇÃO

Denomi - nação	posição relativa	Área A (ha)	Coef. de escoam. (C)	Tempo de Conc. (min)	Intensidade da Chuva (mm/ min)	Vazão (m³ / s)	Inclinação (m/m)	Tipo de Valeta	Dimensões		Comprim. L (m)	Dimensionamento		Revestim.
									b (m)	h (m)		Velocidade (m/s)	Lâmina (m)	
CANALAETA 1	Ramo PSI	17,4932	0,75	15,50	2,179	4,7647	0,0516	trapezoidal	1,00	0,60	187,00	5,79	0,477	Concreto
CANALETA 2	R. Luiz Lázaro Zamenhof	4,4841	0,75	10,00	2,552	1,4306	0,0352	trapezoidal	0,80	0,45	138,00	4,30	0,300	Concreto
CANALETA 3	R. Luiz Lázaro Zamenhof	9,1708	0,75	10,00	2,552	2,9259	0,0150	retangular	1,50	0,60	30,00	3,73	0,500	Concreto

 ARTESP AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO		CÓDIGO MC-SPD234310.234.235-009-H04/001	REV. 0
EMISSÃO Agosto / 2015	FOLHA 13 de 13	RESP. TÉCNICO MASTER Consultoria e Projetos S/S Ltda	
EMITENTE  TRIÂNGULO DO SOL AUTO-ESTRADAS S/A			

ANEXO B – PLANILHA DE CÁLCULO – BUEIROS DE GREIDE

Localização do Trecho			Sub- Áreas Drenagem A (ha)	Coeficiente de escoam. (C)	Total Acumul.	Tempo de Concentração		Intensidade Pluvio- métrica (mm / min)	Vazão no tubo (m³ / s)	Dreno pluvial proposto			Rugosi- dade η	Y/D	Lâmina (m)	Veloci- dade (m/s)	Observ.
Inicial	Final	Posição				Tempo de Percurso Tp (min)	Total Acumulado (min)			Comprimento (m)	Declivi- dade (m/m)	Diâmetro D (m)					
CX-1	CTD-1	PSI	15,6098	0,75	15,6098	0,06	17,12	2,091	4,081	19,25	0,0119	1,20	0,013	0,79	0,95	4,28	BSTC
CTD-1	CTD-1	PSI	0,5132	0,70	16,1231	0,15	17,18	2,088	3,928	48,90	0,0110	1,20	0,013	0,79	0,95	4,12	BSTC
CTD-1	CX-4	PSI	1,3187	0,70	17,4418	0,06	17,33	2,081	4,234	19,97	0,0125	1,20	0,013	0,80	0,95	4,39	BSTC
CX-4	CTD-6	Rotatória	0,2964	0,70	17,7381	0,02	17,39	2,078	4,300	7,26	0,0118	1,20	0,013	0,82	0,98	4,27	BSTC
CTD-1	CTD-6	Rotatória	0,2307	0,50	0,2307	0,05	10,00	2,552	0,049	4,81	0,0208	0,60	0,013	0,16	0,10	1,68	BSTC
CTD-6	CX-1	Ramo	0,0000	0,70	17,9688	0,58	17,41	2,077	5,448	126,38	0,0064	1,50	0,013	0,79	1,19	3,63	BSTC
CX-1	CX-4	Ramo	0,1506	0,50	18,1194	0,13	17,99	2,048	5,397	29,22	0,0074	1,50	0,013	0,74	1,10	3,88	BSTC
CX-3	CTD-1	R. Luiz Lazaro Zamenhof	9,1762	0,75	9,1762	0,08	10,00	2,552	2,928	22,37	0,0201	1,20	0,013	0,52	0,62	4,96	BSTC
CTD-1	CX-1	R. Luiz Lazaro Zamenhof	0,0000	0,75	9,1762	0,01	10,08	2,546	2,921	4,16	0,0193	1,20	0,013	0,52	0,63	4,87	BSTC
CX-4	PV-B	Ramo	9,1708	0,75	27,2956	0,16	18,12	2,041	6,965	48,13	0,0125	1,50	0,013	0,73	1,10	5,05	BSTC
CTD-1	PV-B	talvegue	12,2789	0,75	12,2789	0,04	10,00	2,552	3,917	14,20	0,0206	1,20	0,013	0,62	0,74	5,36	BSTC
CTD-1	PV-B	talvegue	0,9831	0,50	0,9831	0,07	10,00	2,552	0,209	10,64	0,0195	0,80	0,013	0,23	0,18	2,43	BSTC
PV-B	ALA	talvegue	0,0000	0,75	39,5745	0,14	18,27	2,034	10,061	30,95	0,0065	2,0x2,0	0,015	0,68	1,35	3,72	BSCC
CX-1	CX Exist.	talvegue	9,1708	0,75	9,1708	0,10	10,00	2,552	2,9255	47,72	0,02	1,20	0,024	0,81	0,972	3,00	BSTM Existente