

ESTUDO HIDROLÓGICO E DIMENSIONAMENTO DE DRENAGEM
PAVIMENTAÇÃO RUA GERTRUDES ALVES XAVIER

Blumenau, 18 de janeiro de 2024

1	SUMÁRIO	
2	INTRODUÇÃO	4
2.1	DESCRIÇÃO DA OBRA	4
2.2	DESCRIÇÃO DO PERIMETRO	4
3	ESTUDO	5
3.1	ESTAÇÃO	5
3.2	PRECIPITAÇÃO	5
3.3	DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DURAÇÃO E FREQUENCIA	6
3.4	RELAÇÃO ENTRE CHUVAS MÁXIMAS DE 1 DIA E 24 HORAS	8
3.5	PRECIPITAÇÕES A SEREM UTILIZADAS	9
3.6	CÁLCULO DA VAZÃO PELO MÉTODO RACIONAL	9
3.6.1	Área de Contribuição	9
3.6.2	Vazões Áreas de Contribuição	10
3.7	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	11
3.8	PERÍODO DE RETORNO	12
4	DIMENSIOMANETO DE DRENAGEM	12
4.1	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE	12
4.2	INCLINAÇÃO DO GREIDE E GALERIA	13
4.3	DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO	14
4.4	ÁREA MOLHADA	14
4.5	VELOCIDADE DE ESCOAMENTO	16
4.6	TEMPO DE ESCOAMENTO	16
4.7	RECOBRIMENTO GALERIA	17
4.8	COTAS CALCULADAS	17
4.8.1	Cotas do Coletor a Montante e Jusante	17
4.8.2	Profundidade do Coletor a Montante e Jusante	18

4.8.3	Valas de Escavação a Montante e Jusante.....	18
4.9	VOLUME DE ESCAVAÇÃO	19
5	DIMENSIONAMENTO SARJETAS	20
5.1	VAZÃO DA CONTRIBUIÇÃO	20
5.2	SARJETA COMPOSTA	20
5.2.1	Geometria da Sarjeta	21
5.3	VAZÃO SARJETAS	22
6	DIMENSIONAMENTO DA BOCA DE LOBO	23
6.1	QUANTIDADE DE BOCA DE LOBO	24
7	TABELA DE DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM	25
8	TABELA DE DIMENSIONAMENTO DA SARJETA.....	26

2 INTRODUÇÃO

2.1 DESCRIÇÃO DA OBRA

A obra trata-se da pavimentação de trecho da Rua Gertrudes Alves Xavier, a obra será executada em pavimento intertravado e visa atendimento da população de Timbó Grande, facilitando o acesso a creche.

2.2 DESCRIÇÃO DO PERIMETRO

A via encontrasse em um aclive com inclinação por volta de 17% e seu entorno é habitado, porém com poucos acessos a rua, em geral as propriedades têm acesso a ruas secundárias.

3 ESTUDO

3.1 ESTAÇÃO

Para esse estudo é necessário que se tenha dados pluviométricos de no mínimo 10 anos, caso contrário os cálculos serão imprecisos.

Por isso adotou-se a estação Hidrológica de BURITI (Timbó Grande) n. 0.2650.016 com atividade de 01/01/1982 até 12/2019, no entanto o ano de 2016 não foi considerado no cálculo devido à ausência de informações.

A estação é operada pela ANA (Agência Nacional de Águas).

3.2 PRECIPITAÇÃO

O levantamento da precipitação mensal dos últimos 45 anos na cidade de Antônio Carlos está demonstrado na tabela abaixo. Os dados foram obtidos pela ANA (Agência Nacional das Águas).

PRECIPITAÇÃO MENSAL (1982 - 2019)												
ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1982	89,9	275,6	88	10,6	164,8	210,8	183,2	176,2	49,2	254,4	391	132
1983	258,4	190,6	186,3	172,6	288,2	198,7	697,3	58,6	208,6	110,3	163,1	148,1
1984	151,1	105,3	195,9	92,4	84,4	188,7	76,5	280,9	143,8	58,8	233,6	111,9
1985	62	341,7	68,6	228,4	12,4	19,2	72,6	54,1	106,4	86,4	95,8	26,5
1986	87,8	209,8	110,2	170,8	158,7	10,8	44,8	101,3	125,8	154	173,8	258,4
1987	234,9	233,2	22,4	112,1	355	149,8	97,9	111	65	194,1	71	127,5
1988	180,2	218,8	111,9	188,6	388,8	118,8	0	9,8	176	186	74	206,5
1989	266,1	273,2	112,1	150,2	92,8	118,5	143,6	137,2	264,7	197,4	70,7	92,7
1990	566,6	51,4	275,5	197,8	182,9	300	156,2	213,1	171,2	230,9	153	102,1
1991	134,2	119	278,8	105,9	41,2	199	54	203,9	19,8	204,5	136,7	261,2
1992	93,7	124,7	231,1	72,7	437,3	160,2	114,5	215,5	123,5	120,5	180,9	50,4
1993	247,7	155,3	78,9	38,3	211,9	72,3	124,2	5,2	317,2	194,8	194,8	88
1994	98,8	326,1	79,8	198,2	178,3	158,4	232,9	13,2	79,9	159,1	163	135,7
1995	284,6	143	63,8	56,1	10,2	140,3	101,5	59,3	234,6	196,1	92,3	210,5
1996	293,3	219,5	302,7	41,6	7,9	232,9	148,1	131,7	167,7	269,5	39,9	193,2
1997	188	177,5	110,2	27,2	99,7	170,2	71,5	196,7	206,3	383,7	263,8	177,8
1998	200,1	122,1	360,1	294,2	77,3	97,8	178,2	232,3	290,1	216,1	24	97,1
1999	115,4	218,7	85,5	96,7	87,7	132,2	211,1	6,7	128,5	243,4	83,8	140,4
2000	174,2	162,4	120,1	43,8	61,1	111,7	127,2	91,4	288,9	202,3	90,6	189,7
2001	155,6	207,7	90,8	170,1	154,4	111,7	129	79,4	204,7	167,8	245	91,9
2002	170,2	174,7	161,4	68,9	0	39,2	98,8	72,8	226,6	254,6	0	114,7
2003	75	111,6	81	72,1	36,4	109,4	66,7	33,8	71,8	129,7	166,4	246,5
2004	104,1	70,2	56	103,3	214	88,9	163,1	48,7	87,8	340,1	130,6	61,3

2005	164,9	47,2	97,2	105,8	257,9	96,6	112,9	158	242,8	308,6	89,3	59,5
2006	152,6	124,9	147,1	32,8	18,7	36,8	57,6	88,8	128,8	94,5	183	160,2
2007	131,4	130,5	203,7	202	271,9	24,7	145,3	70,5	54,9	274,1	170,9	160,2
2008	0	80,5	66,4	159,4	42,7	127	31,6	85,9	118,9	367,4	119,6	45,9
2009	124,7	131,8	66,5	92,6	107,9	68,3	171,7	140,2	304,1	227,4	151,8	98,9
2010	205,8	57,5	122,1	298,4	157,8	127,1	126,1	73,1	31,9	160,3	167,4	283,8
2011	199,6	188,5	148,9	120,2	35,1	132,8	143	357,7	216	222,2	80,8	76,4
2012	142,1	187,3	31	199,8	44,7	150,7	191,3	6,5	64	210,5	28,1	110,9
2013	108,9	151,3	178,3	55,5	133,2	244,2	92,1	111,2	284,1	122,2	66,5	90,9
2014	279,3	96,3	217,5	52,4	54,8	441,7	62,5	88,3	192,1	19,6	107,7	195,3
2015	127,9	125,5	95,1	47,2	120,8	166	234,2	35,9	135,7	285,4	249,2	196,8
2017	214,2	68,9	76,2	54,9	229,9	63,6	9,5	125,8				
2018	156,6	28,6	263,6	15	41,3	51,2	0	84,1		294,3	46,5	137,2
2019	142,1		166,8	133,2	206,6	17,7	35,5	0	56,8	132,1	103,2	169,7
Média	172,5	157,0	139,2	115,7	137,0	132,1	127,2	107,0	159,7	202,0	133,4	140,3
Mín.	0,0	28,6	22,4	10,6	0,0	10,8	0,0	0,0	19,8	19,6	0,0	26,5
Máx.	566,6	341,7	360,1	298,4	437,3	441,7	697,3	357,7	317,2	383,7	391,0	283,8

3.3 DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DURAÇÃO E FREQUENCIA

Para a determinação da IDF (Intensidade, Duração e Frequência), foi utilizado o método de estático de Gumbel visando a maior precisão.

Na análise de alturas pluviométricas (ou intensidades), o tempo de recorrência ou período de retorno (T) é analisado como sendo o número médio de anos durante a qual se espera que a precipitação analisada seja igualada ou superada.

A probabilidade ou frequência de ocorrência pode ser dada pela fórmula de Kimbal:

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

Sendo:

T = período de retorno

n = número de dados

m= ordem

Para calcular a intensidade usaremos o método de Gumbel onde calculamos a variável reduzida de acordo com o Período de Retorno, através da fórmula:

$$y = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

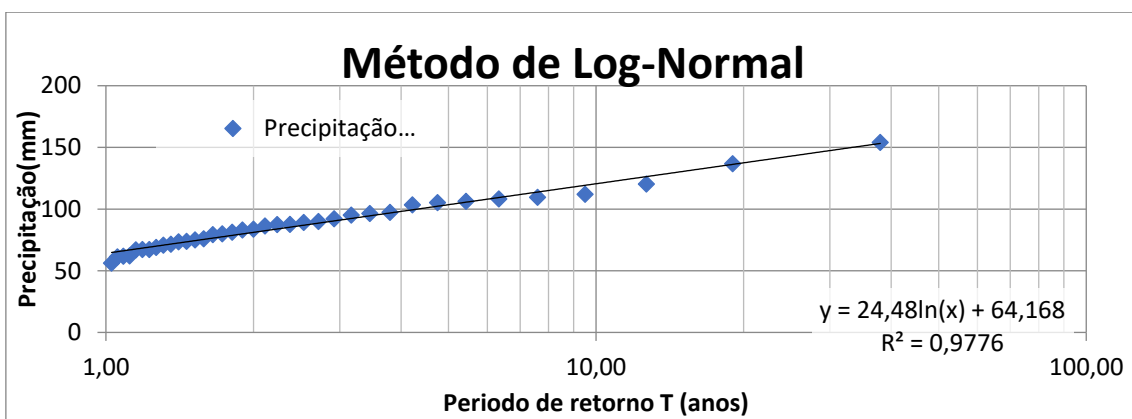
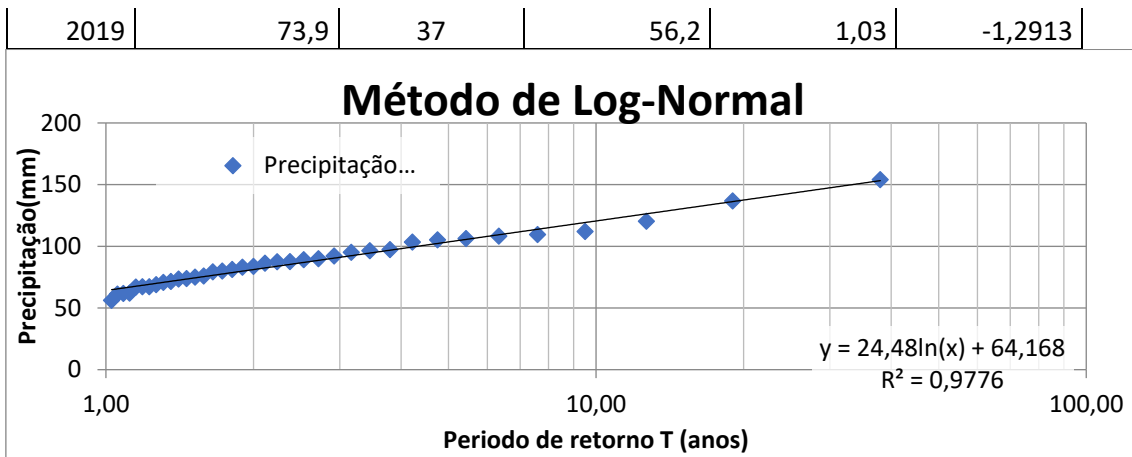
Sendo:

T = período de retorno

y = variável reduzida de Gumbel

Obtemos as seguintes precipitações e equações:

Ano	Chuva máxima diária anual P(mm)	Ordem da Série m	Ordem Decrescente P(mm)	Período de retorno T=(N+1) /m	Variável Reduzida (y)
1982	90	1	154	38,00	3,6243
1983	108,2	2	136,8	19,00	2,9175
1984	97,4	3	120,3	12,67	2,4981
1985	67,2	4	112	9,50	2,1962
1986	105,3	5	109,5	7,60	1,9584
1987	89,2	6	108,2	6,33	1,7611
1988	81,2	7	106,3	5,43	1,5916
1989	83,7	8	105,3	4,75	1,4423
1990	70,8	9	103,5	4,22	1,3083
1991	136,8	10	97,4	3,80	1,1862
1992	112	11	96,5	3,45	1,0737
1993	79,3	12	95,2	3,17	0,9689
1994	61,8	13	92,2	2,92	0,8706
1995	67	14	90	2,71	0,7775
1996	103,5	15	89,2	2,53	0,6890
1997	87,6	16	87,6	2,38	0,6041
1998	96,5	17	87,5	2,24	0,5225
1999	95,2	18	86,3	2,11	0,4434
2000	67,2	19	83,7	2,00	0,3665
2001	86,3	20	83,1	1,90	0,2914
2002	83,1	21	81,2	1,81	0,2177
2003	61,3	22	80	1,73	0,1450
2004	73,5	23	79,3	1,65	0,0731
2005	80	24	76	1,58	0,0015
2006	71,5	25	75	1,52	-0,0701
2007	87,5	26	73,9	1,46	-0,1421
2008	68,9	27	73,5	1,41	-0,2149
2009	109,5	28	71,5	1,36	-0,2889
2010	120,3	29	70,8	1,31	-0,3649
2011	75	30	68,9	1,27	-0,4435
2012	106,3	31	67,2	1,23	-0,5257
2013	92,2	32	67,2	1,19	-0,6129
2014	154	33	67	1,15	-0,7071
2015	76	34	62	1,12	-0,8115
2017	56,2	35	61,8	1,09	-0,9318
2018	62	36	61,3	1,06	-1,0799



Com a equação do período de retorno e do método da Distribuição de Gumbel podemos calcular as precipitações para cada período de retorno desejado, conforme tabela abaixo.

Período de Retorno	Log-Normal	Gumbel
	Chuva	Chuva
T(anos)	mm	mm
5	103,57	105,27
10	120,54	119,19
25	142,97	136,77
100	176,90	162,76

3.4 RELAÇÃO ENTRE CHUVAS MÁXIMAS DE 1 DIA E 24 HORAS

Para maior acurácia fazemos a relação entre a chuvas de 1 dia e a de 24h, sabendo que a chuva registrada em um dia é diferente da registrada em 24h, devido aos horários

diferentes da observação, que de modo geral os valores de 1 dia referem-se a coleta as 7:00 no pluviógrafo, para isso usaremos o valor retirada da equação de Gamble.

Relação entre alturas pluviométricas	Valores obtidos do estudo DNOS	Altura Pluviométrica(mm)			
		T = 5 anos	T = 10 anos	T = 25 anos	T = 100 anos
5 min/30 min	0,34	12,7	14,4	16,5	19,6
10 min/30 min	0,54	20,1	22,8	26,2	31,1
15 min/30 min	0,7	26,1	29,6	33,9	40,4
20 min/30 min	0,81	30,2	34,2	39,3	46,7
25 min/30 min	0,91	33,9	38,4	44,1	52,5
30 min/1 h	0,74	37,3	42,2	48,5	57,7
1 h/24 h	0,42	50,4	57,1	65,5	77,9
6 h/24 h	0,72	86,4	97,8	112,3	133,6
8 h/24 h	0,78	93,6	106,0	121,6	144,7
10 h/24 h	0,82	98,4	111,4	127,9	152,2
12 h/24 h	0,85	102,0	115,5	132,5	157,7
24 h	1,14*P (1 dia)	120,0	135,9	155,9	185,6
1 dia	Gumbel	105,27	119,19	136,77	162,76

3.5 PRECIPITAÇÕES A SEREM UTILIZADAS

Portanto para esse estudo utilizaremos as seguintes intensidades:

Período de Retorno T(anos)	Altura Pluviométrica (mm)
10	135,9
25	155,9
100	185,6

3.6 CÁLCULO DA VAZÃO PELO MÉTODO RACIONAL

3.6.1 Área de Contribuição

Como trata-se de micro drenagem a bacia principal não influenciara diretamente no cálculo, por utilizaremos somente as áreas pavimentadas e 5m de offset adentro do terreno para segurança já que as águas superficiais fora da área pavimentada não têm destino a drenagem, porém a micro drenagem somente recebera as águas captada das

sarjetas, devido a planicidade do terreno, portanto obtemos a seguinte configuração de contribuição.

A área de contribuição A13 e A14 foi contabilizada como vazão que a rede receberá futuramente

Figura 1 - Área de Contribuição

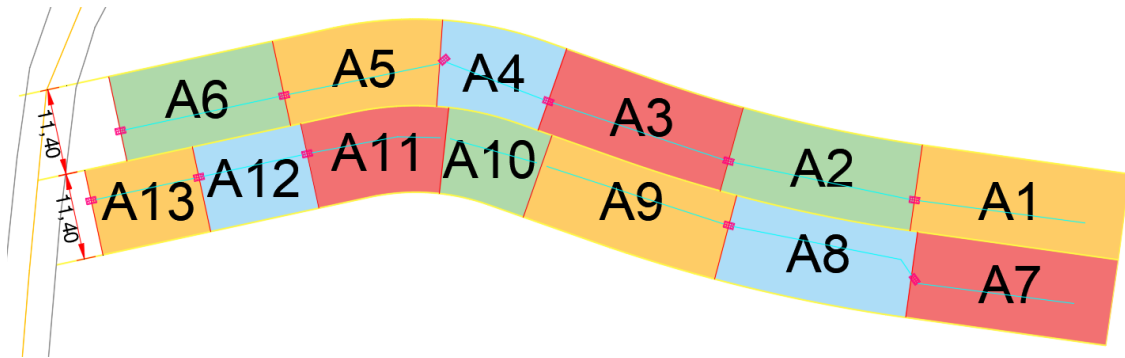


Figura 2 - Área de Contribuição para Drenagem Futura



3.6.2 Vazões Áreas de Contribuição

Para calcular a vazão a drenagem precisamos obter a vazão da área a ser drenada em que será engolida pelas bocas de lobo.

Desc.	Área	C	I	Q
A1	315,21	0,75	155,9	0,010 m ³ /s
A2	283,50	0,75	155,9	0,009 m ³ /s
A3	284,14	0,75	155,9	0,009 m ³ /s
A4	174,62	0,75	155,9	0,006 m ³ /s
A5	240,67	0,75	155,9	0,008 m ³ /s
A6	251,74	0,75	155,9	0,008 m ³ /s
A7	303,98	0,75	155,9	0,010 m ³ /s
A8	285,33	0,75	155,9	0,009 m ³ /s
A9	297,22	0,75	155,9	0,010 m ³ /s
A10	146,30	0,75	155,9	0,005 m ³ /s
A11	204,33	0,75	155,9	0,007 m ³ /s
A12	166,48	0,75	155,9	0,005 m ³ /s
A13	2159,11	0,75	155,9	0,070 m ³ /s
A14	2237,24	0,75	155,9	0,073 m ³ /s
Total				0,24 m³/s

Devido à ausência de sarjeta ou dispositivo que canalize a água para as bocas nas áreas A13 e A14, será considerado a sua vazão para o dimensionamento da galeria para que em obras futuras atenda a demanda.

3.7 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Tempo de concentração é o tempo que decorre desde o início da precipitação até que toda bacia passe a contribuir para a seção considerada de uma determinada galeria.

Desse modo é calculado o tempo de concentração para cada início de trecho e se fez uso o método de George Ribeiro onde:

$$t_1 = \frac{16 L_1}{(1,05 - 0,2 p) \cdot (100 I_1)^{0,04}}$$

t_1 : em minutos

L_1 : comprimento do talvegue principal, em km

p : porcentagem, em decimal, da área da bacia coberta de vegetação

I_1 : declividade média do talvegue principal = $\frac{\Delta h}{L_1}$

Portanto temos:

$$L_1 = 0,58km$$

$$p = 0,90$$

$$I_1 = 0,018$$

Com esses dados obtemos o t_1 de 9,08 min.

3.8 PERÍODO DE RETORNO

O Período de Retorno é o intervalo de tempo estimado de ocorrência de um determinado evento. Em termos matemáticos, é o inverso da probabilidade de um evento ser igualado ou ultrapassado, sendo que esta variável muda conforme a aplicação para a qual é projetada.

O período de retorno será adotado como preconizado na IS-06 da SIE/SC

Classificação	Tempo de Retorno
Obra de drenagem superficial	10 anos
Bueiros	25 anos
Pontes	100 anos

4 DIMENSIONAMENTO DE DRENAGEM

A seguir veremos o detalhamento dos cálculos efetuados para rede de micro drenagem do objeto estudado.

A rede de micro drenagem foi calculada adotando a equação de Manning, respeitando sempre a velocidade de escoamento que deverá estar entre 0,75 e 5 m/s e a lâmina de água que não deverá ultrapassar 80% da seção adotada.

A rede foi dimensionada para tubos de concreto pré-moldados.

4.1 COEFICIENTE DE RUGOSIDADE

Material utilizado para tubulações será de concreto, portanto o coeficiente de rugosidade “n” é igual a 0,016 de acordo com a tabela a seguir:

Natureza das paredes	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014*	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Condutos de barro vitrificado (esgoto)	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de prancha de madeira aplainada	0,010	0,012*	0,013	0,014
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubo de ferro fundido revestido c/ alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Igual anterior porém c/ pedras e vegetação	0,030	0,033	0,035	0,040
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espraiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espraiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Tabela 1 – Coeficiente de Rugosidade. Fonte:

4.2 INCLINAÇÃO DO GREIDE E GALERIA

A declividade do greide é determinada pela relação entre o desnível das cotas do terreno pelo comprimento do trecho entre dois objetos.

$$I_{greide} = \frac{CTM - CTJ}{L_{trecho}}$$

Equação 1 – Inclinação Greide

A declividade da galeria é a relação entre os níveis das cotas do canal pelo comprimento dos trechos entre os poços de visitas.

$$I_{galeria} = \frac{CCM - CCJ}{L_{trecho}}$$

Equação 2 – Inclinação Galeria

4.3 DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

Para determinar os diâmetros a serem utilizados na galeria, utilizou-se como base a equação de Manning para condutos livres e circulares. Como a lâmina de água em galerias circulares não deve ultrapassar os 80%, ou seja, $y/D = 0,80$, utilizou-se a seguinte relação:

$$D = \left(\frac{Q * n}{0,030466 * I^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Equação 3 – Diâmetro Tubulação

Foi utilizado como critério o diâmetro mínimo de 40cm, para que a velocidade possa se manter entre 1 e 5 m/s.

4.4 ÁREA MOLHADA

Para determinar a área molhada da tubulação utilizou-se o cálculo dos coeficientes, h/D , A/D^2 , todos por interpolação, por intermédio da tabela de regime de escoamento de seções circulares a seguir:

TABELA 4-1

REGIME UNIFORME DE ESCOAMENTO NAS SEÇÕES CIRCULARES



- h - Altura do manômetro líquido
- D - Diâmetro do conduto
- h/D - Área molhada
- h/D² - Área molhada
- h/D³ - Área molhada

- Q - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning
- Q_h - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning
- Q_h/Q - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning
- Q_h/Q² - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning
- Q_h/Q³ - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning

h/D	A/D ²	h/D	Q _h /Q	Q _h /Q ²
0.01	0.00100	0.00000	0.00000	10.1329
0.02	0.00170	0.00170	0.00001	7.1079
0.03	0.00267	0.00337	0.00002	5.7655
0.04	0.00394	0.00504	0.00003	4.8932
0.05	0.00540	0.00671	0.00004	4.4111
0.06	0.00704	0.00838	0.00005	4.0014
0.07	0.00884	0.01005	0.00006	3.6820
0.08	0.00980	0.01172	0.00007	3.4212
0.09	0.01091	0.01339	0.00008	3.2047
0.10	0.01217	0.01506	0.00009	3.0260
0.11	0.01358	0.01673	0.00010	2.8798
0.12	0.01504	0.01840	0.00011	2.7598
0.13	0.01665	0.02007	0.00012	2.6598
0.14	0.01831	0.02174	0.00013	2.5757
0.15	0.02002	0.02341	0.00014	2.5036
0.16	0.02178	0.02508	0.00015	2.4415
0.17	0.02359	0.02675	0.00016	2.3874
0.18	0.02545	0.02842	0.00017	2.3403
0.19	0.02736	0.03009	0.00018	2.2993
0.20	0.02932	0.03176	0.00019	2.2634
0.21	0.03133	0.03343	0.00020	2.2326
0.22	0.03339	0.03510	0.00021	2.2060
0.23	0.03550	0.03677	0.00022	2.1836
0.24	0.03766	0.03844	0.00023	2.1654
0.25	0.03987	0.04011	0.00024	2.1514

EXEMPLO
 h = 0.25 m
 D = 0.50 m
 h/D = 0.50

ÁREA MOLHADA
 A = 0.1217 m²
 h/D² = 0.25

h/D	A/D ²	h/D	Q _h /Q	Q _h /Q ²
0.26	0.16236	0.18163	0.00025	1.4755
0.27	0.17109	0.18958	0.00026	1.4620
0.28	0.18002	0.19753	0.00027	1.4485
0.29	0.18915	0.20548	0.00028	1.4350
0.30	0.19838	0.21343	0.00029	1.4215
0.31	0.20771	0.22138	0.00030	1.4080
0.32	0.21714	0.22933	0.00031	1.3945
0.33	0.22667	0.23728	0.00032	1.3810
0.34	0.23630	0.24523	0.00033	1.3675
0.35	0.24603	0.25318	0.00034	1.3540
0.36	0.25586	0.26113	0.00035	1.3405
0.37	0.26579	0.26908	0.00036	1.3270
0.38	0.27582	0.27703	0.00037	1.3135
0.39	0.28595	0.28498	0.00038	1.3000
0.40	0.29618	0.29293	0.00039	1.2865
0.41	0.30651	0.30088	0.00040	1.2730
0.42	0.31694	0.30883	0.00041	1.2595
0.43	0.32747	0.31678	0.00042	1.2460
0.44	0.33810	0.32473	0.00043	1.2325
0.45	0.34883	0.33268	0.00044	1.2190
0.46	0.35966	0.34063	0.00045	1.2055
0.47	0.37059	0.34858	0.00046	1.1920
0.48	0.38162	0.35653	0.00047	1.1785
0.49	0.39275	0.36448	0.00048	1.1650
0.50	0.40398	0.37243	0.00049	1.1515

ESCOAMENTO
 Q = 0.1217 m³/s
 h/D³ = 0.125

TABELA 4-1

REGIME UNIFORME DE ESCOAMENTO NAS SEÇÕES CIRCULARES



- h - Altura do manômetro líquido
- D - Diâmetro do conduto
- h/D - Área molhada
- h/D² - Área molhada
- h/D³ - Área molhada

- Q - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning
- Q_h - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning
- Q_h/Q - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning
- Q_h/Q² - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning
- Q_h/Q³ - Escoamento em m³/s, pela fórmula de Manning

h/D	A/D ²	h/D	Q _h /Q	Q _h /Q ²
0.51	0.40927	0.25314	0.00050	1.1376
0.52	0.41970	0.26109	0.00051	1.1241
0.53	0.43013	0.26904	0.00052	1.1106
0.54	0.44056	0.27699	0.00053	1.0971
0.55	0.45100	0.28494	0.00054	1.0836
0.56	0.46143	0.29289	0.00055	1.0701
0.57	0.47186	0.30084	0.00056	1.0566
0.58	0.48230	0.30879	0.00057	1.0431
0.59	0.49273	0.31674	0.00058	1.0296
0.60	0.50316	0.32469	0.00059	1.0161
0.61	0.51360	0.33264	0.00060	1.0026
0.62	0.52403	0.34059	0.00061	0.9891
0.63	0.53446	0.34854	0.00062	0.9756
0.64	0.54490	0.35649	0.00063	0.9621
0.65	0.55533	0.36444	0.00064	0.9486
0.66	0.56576	0.37239	0.00065	0.9351
0.67	0.57620	0.38034	0.00066	0.9216
0.68	0.58663	0.38829	0.00067	0.9081
0.69	0.59706	0.39624	0.00068	0.8946
0.70	0.60750	0.40419	0.00069	0.8811
0.71	0.61793	0.41214	0.00070	0.8676
0.72	0.62836	0.42009	0.00071	0.8541
0.73	0.63880	0.42804	0.00072	0.8406
0.74	0.64923	0.43599	0.00073	0.8271
0.75	0.65966	0.44394	0.00074	0.8136

h/D	A/D ²	h/D	Q _h /Q	Q _h /Q ²
0.76	0.67010	0.45189	0.00075	0.8001
0.77	0.68053	0.45984	0.00076	0.7866
0.78	0.69096	0.46779	0.00077	0.7731
0.79	0.70140	0.47574	0.00078	0.7596
0.80	0.71183	0.48369	0.00079	0.7461
0.81	0.72226	0.49164	0.00080	0.7326
0.82	0.73270	0.49959	0.00081	0.7191
0.83	0.74313	0.50754	0.00082	0.7056
0.84	0.75356	0.51549	0.00083	0.6921
0.85	0.76400	0.52344	0.00084	0.6786
0.86	0.77443	0.53139	0.00085	0.6651
0.87	0.78486	0.53934	0.00086	0.6516
0.88	0.79530	0.54729	0.00087	0.6381
0.89	0.80573	0.55524	0.00088	0.6246
0.90	0.81616	0.56319	0.00089	0.6111
0.91	0.82660	0.57114	0.00090	0.5976
0.92	0.83703	0.57909	0.00091	0.5841
0.93	0.84746	0.58704	0.00092	0.5706
0.94	0.85790	0.59499	0.00093	0.5571
0.95	0.86833	0.60294	0.00094	0.5436
0.96	0.87876	0.61089	0.00095	0.5301
0.97	0.88920	0.61884	0.00096	0.5166
0.98	0.89963	0.62679	0.00097	0.5031
0.99	0.91006	0.63474	0.00098	0.4896
1.00	0.92050	0.64269	0.00099	0.4761

Tabela 2 – Regime de Escoamento Seção Circular

Com o valor inicial para determinar por interpolação os respectivos valores necessários (h/D e A/D²), foi utilizado a seguinte fórmula:

$$\frac{Q \times n}{D^{8/3} \times I^{1/2}}$$

Equação 4 – Regime Escoamento seção circular

O cálculo da área molhada da tubulação é dado por:

$$\frac{A}{D^2} = 0,01604$$

Equação 5 – Área molhada

Onde:

A = área molhada da tubulação (m²);

D = diâmetro da tubulação (m).

4.5 VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

A velocidade de escoamento é determinada pela fórmula a seguir:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Equação 6 – Velocidade de Escoamento

Onde:

V = Velocidade (m/s);

Q = Vazão (m³/s);

A = Área molhada (m²)

Por critério a velocidade deverá estar entre 1 e 5m/s

4.6 TEMPO DE ESCOAMENTO

Tempo de escoamento é o período que a água leva para chegar de um poço de visitas a outro, que será utilizado para o cálculo do tempo de concentração do trecho seguinte. Para determinar o tempo de escoamento, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$t_{escoamento} = \left(\frac{L}{V} \right)$$

Equação 7 – Tempo de Escoamento

Onde:

tescoamento = tempo de escoamento (min);

L = comprimento do trecho (m);

V = velocidade (m/s).

4.7 RECOBRIMENTO GALERIA

O recobrimento mínimo a ser utilizado para as galerias circulares de águas pluviais é definido pela seguinte fórmula:

$$R = \frac{D}{2} + 0,40m$$

Equação 8 – Recobrimento

Onde:

R = recobrimento (m);

D = diâmetro da tubulação (m).

4.8 COTAS CALCULADAS

As cotas de terrenos, coletores, valas e profundidade dos poços de visitas estão anexas na tabela de cálculo.

4.8.1 Cotas do Coletor a Montante e Jusante

A cota do coletor refere-se à cota da geratriz superior da tubulação, sendo determinada por:

$$CCM = CTM - R$$

$$CCJ = CTJ - R$$

Equação 9 – Cota Coletor Montante e Jusante

Onde:

CCM - cota do coletor a montante;

CTM - cota do terreno a montante;

CCJ - cota do coletor a jusante;

CTJ - cota do terreno a jusante;

R - Recobrimento da tubulação.

4.8.2 Profundidade do Coletor a Montante e Jusante

A profundidade do coletor é definida por:

$$PCM = CTM - CCM + D$$

$$PCJ = CTJ - CCJ + D$$

Equação 10 – Profundidade Coletor Montante e Jusante

Onde:

PCM - profundidade do coletor a montante;

CTM - cota do terreno a montante

CCM - cota do coletor a montante;

PCJ - profundidade do coletor a jusante;

CTJ - cota do terreno a jusante;

CCJ - cota do coletor a jusante;

D - Diâmetro da tubulação.

4.8.3 Valas de Escavação a Montante e Jusante

A cota da vala de escavação é determinada por:

$$CVM = CTM - PCM - 0,1 m$$

$$CVJ = CTJ - PCJ - 0,1 m$$

Equação 11 – Vala Escavação Montante e Jusante

Onde:

CVM - cota da vala a montante;

CTM - cota do terreno a montante

PCM - profundidade do coletor a montante;

CVJ - cota da vala a jusante;

CTJ - cota do terreno a jusante;

PCJ - profundidade do coletor a jusante.

4.9 VOLUME DE ESCAVAÇÃO

O volume de escavação é dado por:

$$V_{esc} = [D + (2 \times 0,2)] \times L \times \left[\left(\frac{PCJ + PCM}{2} \right) + 0,2 \right]$$

Equação 12 – Volume da Escavação

5 DIMENSIONAMENTO SARJETAS

A capacidade de condução de escoamento superficial da sarjeta é dimensionada segundo duas hipóteses:

- a) Água escoando somente pelas sarjetas;
- b) Água escoando pelas sarjetas e tomando parcialmente a via.

Com a finalidade de aumentar a capacidade da sarjeta, foi utilizado a água escoando pelas sarjetas e tomando parcialmente a via. Para isto adotou-se que a água pluvial invadirá 100 cm da pista de rolamento. Em relação as declividades adotadas, definiu-se pela declividade da via igual a 2% e declividade da sarjeta igual a 10%.

5.1 VAZÃO DA CONTRIBUIÇÃO

O cálculo das vazões de contribuição para as sarjetas entre as bocas de lobo foi feito através do método racional.

Para obter a vazão adotou-se o valor para o coeficiente de escoamento “c” conforme utilizado para fazer o cálculo da galeria.

Para definir as áreas de contribuição das sarjetas verificou-se as cotas de níveis do local e foi demarcado o escoamento superficial das águas verificando se seriam atendidos pelas sarjetas ou por algum pluvial no entorno do local. Onde houve escoamento dos taludes foi calculado uma área de 20 metros.

5.2 SARJETA COMPOSTA

Para calcular as sarjetas usamos o método de sarjeta composta conforme mostra a figura a seguir:

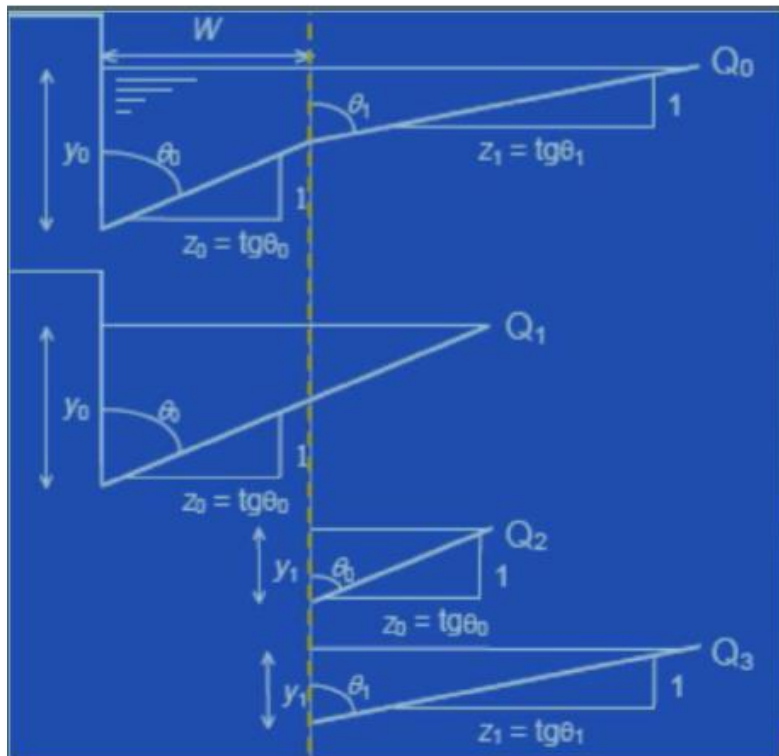


Figura 3 – Cálculo Sarjetas. Fonte: Adilson Pinheiro (2014)

5.2.1 Geometria da Sarjeta

Para calcular os valores de “z” e “y”, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

- $z_0 = 1/i$ sarjeta;
- $z_1 = 1/i$ pista;
- $y_0 = (i \text{ sarjeta} \times \text{comp. Sarjeta}) + (i \text{ pista} \times \text{comp. Pista})$;
- $y_1 = i \text{ pista} \times \text{comp. Pista}$.

Portanto temos os seguintes valores:

Dimensões Sarjeta	
Altura Guia (m)	0,15
Inclinação Sarjeta (%)	10%
Fator Redução Sarjeta	0,2
Inclinação Pista (%)	2%
Comprimento Pista (m)	4,50
Comprimento Lâmina d'água (m)	1,00
Comprimento Sarjeta (m)	0,20
Coefficiente (n)	0,016

Y0 (m)	0,036
Y1 (m)	0,016
Z0 (m/m)	10,00
Z1 (m/m)	50,00

Tabela 3 – Dados Sarjeta e Guia

5.3 VAZÃO SARJETAS

Para obtermos a vazão total das sarjetas, devemos calcular os valores respectivamente separados conforme figura 8 demonstrada acima. Portanto temos:

$$Q1 = 0,375 * y0^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{z0}{n}\right) * \sqrt{I}$$

$$Q2 = 0,375 * y1^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{z1}{n}\right) * \sqrt{I}$$

$$Q3 = 0,375 * y1^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{z0}{n}\right) * \sqrt{I}$$

Equação 13 – Vazão Sarjetas

Assim obtivemos os valores como verificado no apêndice 1.

A vazão total de cada sarjeta é representada pela fórmula:

$$Q = Q1 + Q2 - Q3$$

Declividade da sarjeta (%)	Fator de redução
até 5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10,0	0,20

Tabela 4 – Fator de Redução Vazão Sarjetas. Fonte: Adilson Pinheiro (2018)

Para o caso estudado utilizamos inclinação de 10%, portanto fator de redução igual a 0,20.

Com base na tabela a seguir, temos valores de redução da vazão que leva em consideração a inclinação adotada para a sarjeta:

Vazão Sarjeta	
Vazão Q1 (m ³ /s)	0,014
Vazão Q2 (m ³ /s)	0,008
Vazão Q3 (m ³ /s)	0,002
Vazão Q Total (m ³ /s)	0,020
Vazão Qreduzida(m ³ /s)	0,016

Equação 14 – Vazão Total Sarjeta

6 DIMENSIONAMENTO DA BOCA DE LOBO

No estudo realizado será utilizado bocas de lobo tipo guia. O comprimento adotado para a boca de lobo será de 80cm e altura da guia igual a 15cm, também foi adotado lamina de água de 7 cm para a boca de lobo.

Portanto:

Como $y/h \leq 1$, a operação deve ser calculada como vertedor.

Dessa maneira calculamos a vazão pela fórmula:

$$Q = 1,665 * P * y^{\frac{3}{2}}$$

Equação 15 – Vazão Boca de Lobo

Onde:

P é o perímetro da boca de lobo descartando o lado encostado na guia

y é a altura da lâmina de água.

Desse modo a vazão da boca de lobo adotando o mesmo valor de “y” calculado anteriormente em sarjetas de 0,04.

Como a boca de lobo é do tipo guia, devemos aplicar um fator de redução de 80% do valor integral da sua capacidade, conforme mostra a tabela abaixo:

Fator de redução da capacidade de engolimento

Localização na sarjeta	Tipo de boca-de-lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto Baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto intermediário	De Guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal	60
	com barras transversais combinadas	60

Figura 4 – Fator Redução Vazão Boca de Lobo. Fonte: Adilson Pinheiro (2018)

Portanto a vazão admissível pela boca de lobo está demonstrada na tabela abaixo:

Boca de Lobo	
Lâmina d'água (m)	0,04
Perímetro (m)	2,3
Vazão Q(m ³ /s)	0,030
Fator de Redução	0,8
Vazão Qreduzida(m ³ /s)	0,024

Tabela 5 – Vazão Boca de Lobo

6.1 QUANTIDADE DE BOCA DE LOBO

Para determinar o número de bocas de lobos necessárias em cada lado da via, é necessário primeiramente verificar a menor das vazões calculadas entre sarjetas e boca de lobo, conforme demonstra no apêndice 2.

Podemos então verificar que em todos os casos a menor vazão é a da boca de lobo. Sendo assim calculamos o número de bocas de lobo pelas formulas abaixo:

$$N^{\circ} \text{ bocas de lobo} = \frac{Q_{\text{contribuição}}}{Q_{\text{final da sarjeta}}}$$

$$N^{\circ} \text{ bocas de lobo} = \frac{Q_{\text{contribuição}}}{Q_{\text{teórica}}}$$

Equação 16 – Número de Boca de lobo

Bruno Regalin

Eng. Civil

CREA/SC 164.059-2

7 TABELA DE DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM

Grupo	Trecho	L (m)	CTM	CTJ	CGM	CGJ	PTM	PTJ	CVM	CVJ	Vescav	Q (m³/s)		I grei (m/m)	I gal (m/m)	n	D adot (cm)	h/D	A (m²)	V (m/s)	t esc (min)		
												Trecho	Acum.										
G1	T1	9,79	1003,25	1002,75	1002,4	1001,9	0,85	0,85	0,95	0,95	6,51	0,010	0,010	5,11%	5,11%	0,017	30	0,164	0,0076	1,30	0,125		
	T2	23,72	1002,75	999,00	1001,9	998,15	0,85	0,85	0,95	0,95	15,77	0,010	0,020	15,81%	15,81%	0,017	30	0,174	0,0084	2,40	0,165		
	T3	23,69	999,00	995,00	998,15	994,15	0,85	0,85	0,95	0,95	15,75	0,009	0,039	16,88%	16,88%	0,017	30	0,240	0,0131	2,95	0,134		
	T4	15,81	995,00	992,00	994,15	991,15	0,85	0,85	0,95	0,95	10,51	0,009	0,057	18,98%	18,98%	0,017	30	0,285	0,0166	3,46	0,076		
	T5	17,18	992,00	988,75	991	987,75	1	1	1,1	1,1	15,12	0,000	0,068	18,92%	18,92%	0,017	40	0,213	0,0195	3,48	0,082		
	T6	20,74	988,75	985,00	987,75	984	1	1	1,1	1,1	18,25	0,008	0,083	18,08%	18,08%	0,017	40	0,235	0,0226	3,66	0,094		
	T7	9,28	985,00	984,50	984	983,5	1	1	1,1	1,1	8,17	0,008	0,091	5,39%	5,39%	0,017	40	0,338	0,0373	2,43	0,064		
	T8	16,53	984,50	982,50	983,5	981,5	1	1	1,1	1,1	14,55	0,005	0,102	12,10%	12,10%	0,017	40	0,289	0,0302	3,37	0,082		
	T9	58,8	982,50	977,80	981,2	976,5	1,3	1,3	1,4	1,4	82,32	0,070	0,172	7,99%	7,99%	0,017	60	0,242	0,0529	3,24	0,302		
	T10	58,8	977,80	972,77	976,5	971,47	1,3	1,3	1,4	1,4	82,32	0,073	0,244	8,55%	8,55%	0,017	60	0,284	0,0664	3,68	0,266		
	T11	59,4	972,77	966,00	971,47	964,7	1,3	1,3	1,4	1,4	83,16	0,000	0,244	11,40%	11,40%	0,017	60	0,264	0,0599	4,08	0,243		
G2	T12	7,66	999,75	999,00	998,9	998,15	0,85	0,85	0,95	0,95	5,09	0,009	0,009	9,79%	9,79%	0,017	30	0,139	0,0059	1,58	0,081		
G3	T13	7,57	995,50	995,00	994,65	994,15	0,85	0,85	0,95	0,95	5,03	0,010	0,010	6,61%	6,61%	0,017	30	0,154	0,0069	1,41	0,090		
G4	T14	8,16	993,00	992,00	992,15	991,15	0,85	0,85	0,95	0,95	5,43	0,005	0,005	12,25%	12,25%	0,017	30	0,093	0,0033	1,42	0,096		
G5	T15	2,36	992,50	992,00	991,65	991,15	0,85	0,85	0,95	0,95	1,57	0,006	0,006	21,19%	21,19%	0,017	30	0,088	0,0031	1,83	0,022		
G6	T16	7,44	989,25	988,75	988,4	987,9	0,85	0,85	0,95	0,95	4,95	0,007	0,007	6,72%	6,72%	0,017	30	0,130	0,0053	1,25	0,099		
G7	T17	13,18	986,75	984,50	985,9	983,65	0,85	0,85	0,95	0,95	8,76	0,005	0,005	17,07%	17,07%	0,017	30	0,092	0,0032	1,67	0,132		
L		Comprimento do segmento de rede										i	Intensidade conforme Chuva de Projeto do Estudo Hidrológico										
CTM		Cota do Terreno à montante										Q	Vazão de cada trecho da engolido pela boca de lobo										
CTJ		Cota do Terreno à Jusante										I greid	Inclinação do greide longitudinal da Rodovia em cada trecho										
CGM		Cota da Galeria à Montante										I gal	Inclinação do greide longitudinal da galeria / rede de drenagem em cada trecho										
CGJ		Cota da Galeria à Jusante										n	Coeficiente de Rugosidade conforme IN 11										
PTM		Profundidade do Tubo à Montate										D	Diâmetro da rede de drenagem										
PTJ		Profundidade do Tubo à Jusante										h/D	Altura da lâmina da água										
CVM		Cota da Vala à Montate										A	Área da tubulação										
CVJ		Cota da Vala à Jusante										v	Velocidade de escoamento da água										Cálculo
Vescav		Volume de Escavação da drenagem										t esc	Tempo de Escoamento										Bruno Regalin
																				Responsável Técnico Projeto			
																				Bruno Regalin			
																				CREA-SC 164.059-2			
																				19/01/2024			

8 TABELA DE DIMENSIONAMENTO DA SARJETA

Trecho	BL	Área (m ²)	Coefficiente C Ponderado	Precipitação (mm)	Vazão (m ³ /s)
S1	BL-02	315,21	0,75	155,9	0,010
S2	BL-04	283,50	0,75	155,9	0,009
S3	BL-06	284,14	0,75	155,9	0,009
S4	BL-08	174,62	0,75	155,9	0,006
S5	BL-10	240,67	0,75	155,9	0,008
S6	BL-12	251,74	0,75	155,9	0,008
S7	BL-01	303,98	0,75	155,9	0,010
S8	BL-03	285,33	0,75	155,9	0,009
S9	BL-05	297,22	0,75	155,9	0,010
S10	BL-07	146,30	0,75	155,9	0,005
S11	BL-09	204,33	0,75	155,9	0,007
S12	BL-11	166,48	0,75	155,9	0,005
S13	BL-13	165,59	0,75	155,9	0,005
A13	PV-02	2159,11	0,75	155,9	0,070
A13	PV-03	2237,24	0,75	155,9	0,073
Total					0,24 m³/s