

ESTUDO HIDROLÓGICO E DIMENSIONAMENTO DE DRENAGEM
PAVIMENTAÇÃO RODOVIA ALTO SANTO ANTÔNIO

Blumenau, 20 de fevereiro 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	9
3.5	PRECIPITAÇÕES A SEREM UTILIZADAS	10
3.6	CÁLCULO DA VAZÃO PELO MÉTODO RACIONAL	10
3.6.1	Área de Contribuição	10
3.6.2	Determinação do Coeficiente de Escoamento	12
3.6.3	Determinação do Precipitação	12
3.6.4	Vazões Áreas de Contribuição	12
3.7	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	13
3.8	PERÍODO DE RETORNO	14
4	DIMENSIONAMENTO DE DRENAGEM	14
4.1	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE	14
4.2	INCLINAÇÃO DO GREIDE E GALERIA	15
4.3	DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO	16
4.4	ÁREA MOLHADA	16
4.5	VELOCIDADE DE ESCOAMENTO	18
4.6	TEMPO DE ESCOAMENTO	18
4.7	RECOBRIMENTO GALERIA	19
4.8	COTAS CALCULADAS	19

4.8.1	Cotas do Coletor a Montante e Jusante	19
4.8.2	Profundidade do Coletor a Montante e Jusante	20
4.8.3	Valas de Escavação a Montante e Jusante	20
4.9	VOLUME DE ESCAVAÇÃO	21
5	DIMENSIONAMENTO SARJETAS	22
5.1	VAZÃO DA CONTRIBUIÇÃO	22
5.2	SARJETA COMPOSTA	22
5.2.1	Geometria da Sarjeta	23
5.3	VAZÃO SARJETAS	24
6	DIMENSIONAMENTO DA BOCA DE LOBO	25
6.1	QUANTIDADE DE BOCA DE LOBO	26
7	TABELA DE DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM	27
8	TABELA DE DIMENSIONAMENTO DA SARJETA.....	28

2 INTRODUÇÃO

2.1 DESCRIÇÃO DA OBRA

A obra trata-se da pavimentação de trecho da Rua Rodovia Alto Santo Antônio, a obra será executada em pavimento asfáltica e visa atendimento da população de Macieira, facilitando as comunidades e aproximado a ligação entre Macieira e Herciliópolis.

2.2 DESCRIÇÃO DO PERIMETRO

A via encontrasse em um aclive com inclinação por volta de 18% e seu entorno é pouco habitado e 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 Quilometro Trinta (Macieira) n. 2.651.036 com atividade desde 01/04/1976.

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 (1976 - 2022)												
ano/mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1976				0	227	117	161	146	102	229	153	131
1977	188	295	320	59	47	119	134	230	89	200	178	81
1978	133	155	169	0	48	76	191	62	115	126	125	139
1979	12	88	126	164	311	32	100	74	109	345	179	216
1980	144	90	200	12	146	69	135	142	126	147	132	64
1981	187	108	91	135	40	81	29	113	113	103	143	153
1982	62	222	80	35	118	208	210	192	25	242	368	131
1983	198	227	203	153	287	178	617	45	240	171	153	161
1984	127	136	152	143	106	170	58	313	108	87	195	97
1985	61	214	54	115	30	55	54	69	62	152	101	121
1986	276	270	131	137	154	19	39	88	157	164	229	185
1987	233	315	95	115	341	116	69	93	85	208	116	83
1988	185	109	91	165	315	120	2	10	87	256	102	58
1989	248	216	270	101	107	85	130	83	229	191	69	43
1990	207	142	202	260	205	149	131	138	133	144	149	161
1991	198	41	119	126	39	232	121	124	27	183	125	189
1992	152	91	145	75	325	141	150	131	98	114	174	151
1993	314	145	117	107	250	82	89	54	299	226	119	156
1994	101	391	55	253	161	172	205	11	95	198	269	239
1995	230	179	90	71	9	144	41	19	226	174	96	164
1996	229	200	156	29	38	236	116	94	202	226	146	220
1997	174	298	67	25	104	162	181	174	156	291	230	247
1998	240	209	197	279	94	71	163	293	257	209	85	109
1999	251	167	91	115	68	153	101	14	104	228	35	145
2000	206	202	182	101	115	102	143	84	294	275	154	210

2001	205	244	145	155	181	114	118	53	151	229	183	92
2002	85	114	167	109	144	72	83	132	127	249	291	239
2003	109	204	184	61	66	114	55	34	53	134	219	259
2004	128	155	42	135	147	85	170	40	119	251	185	73
2005	131	28	89	240	201	158	67	121	243	291	82	106
2006	159	141	153	48					107	90	218	134
2007	180	130	158	255	260	18	195	63				198
2008	127	182	146	206	67	183	20	112	182	315	180	131
2009	209	210	62	35	137	83	175	188				
2010	285	157	247	316	193	121	133	78	35	152	115	306
2011	305	261	241	166	42	197	246	243	190	170	0	129
2012	241	124	19	192	45	129	166	46	57	188	110	256
2013	172	175	195	84	91	266	95	207	276	114	59	176
2014	233	135	142	86	176	477	54	85	313	111	235	121
2015	345	198	95	32	121	157	0	70	232	396	238	222
2016	177	192	255	173	169	70	62	210	73	183	110	260
2017	167	132	138	69	262	105	16	90	26	326	176	137
2018	334	68	232	17	40	122	14	0	202	363	134	263
2019	290	232	187	177	277	45	16	38	93	135	0	93
2020	158	209	62	56	102	185	104	105	33	30	186	156
2021	307	100	173	13	102	130	17	34	179	278	158	37
2022	272	274	292	208	330	189	63	198	127	442	75	186
2023	196	127	93	98	102	137	71	104				
Média	195,1	176,6	147,2	118,9	147,7	132,9	113,0	107,4	141,2	207,5	150,6	157,1
Mínima	12,0	28,0	19,0	0,0	9,0	18,0	0,0	0,0	25,0	30,0	0,0	37,0
Máxima	345,0	391,0	320,0	316,0	341,0	477,0	617,0	313,0	313,0	442,0	368,0	306,0

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:

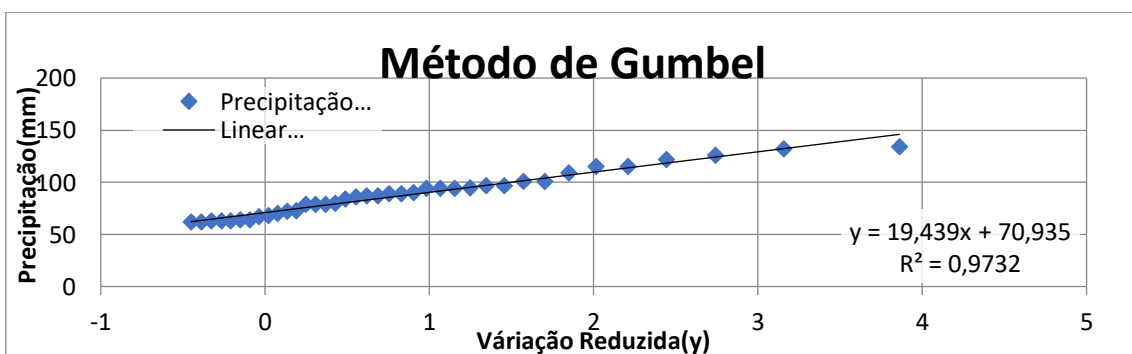
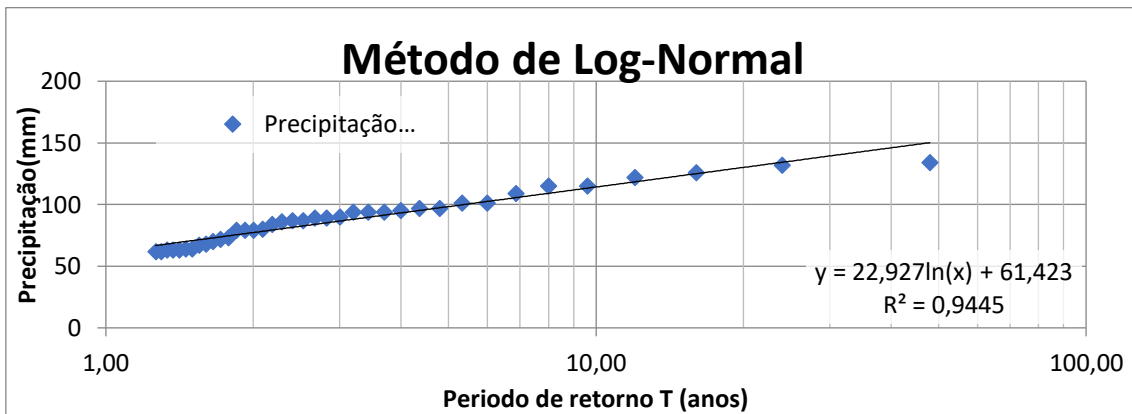
T = período de retorno

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	Váriavel Reduzida (y)
1976	62	1	134	48,00	3,8607
1977	72	2	132	24,00	3,1568
1978	58	3	126	16,00	2,7405
1979	101	4	122	12,00	2,4417
1980	52	5	115	9,60	2,2073
1981	68	6	115	8,00	2,0134
1982	61	7	109	6,86	1,8475
1983	115	8	101	6,00	1,7020
1984	89	9	101	5,33	1,5720
1985	59	10	97	4,80	1,4541
1986	101	11	97	4,36	1,3460
1987	134	12	95	4,00	1,2459
1988	95	13	94	3,69	1,1525
1989	64	14	94	3,43	1,0647
1990	115	15	94	3,20	0,9816
1991	109	16	90	3,00	0,9027
1992	94	17	89	2,82	0,8273
1993	67	18	89	2,67	0,7550
1994	122	19	87	2,53	0,6854
1995	70	20	87	2,40	0,6180
1996	80	21	86	2,29	0,5528
1997	94	22	84	2,18	0,4892
1998	79	23	80	2,09	0,4272
1999	64	24	79	2,00	0,3665
2000	79	25	79	1,92	0,3069
2001	63	26	79	1,85	0,2483

Ano	Chuva máxima diária anual P(mm)	Ordem da Série m	Ordem Decrescente P(mm)	Período de retorno $T=(N+1)/m$	Váriavel Reduzida (y)
2002	62	27	73	1,78	0,1903
2003	97	28	72	1,71	0,1330
2004	55	29	70	1,66	0,0761
2005	63	30	68	1,60	0,0194
2006	38	31	67	1,55	-0,0373
2007	79	32	64	1,50	-0,0940
2008	58	33	64	1,45	-0,1511
2009	89	34	63	1,41	-0,2088
2010	132	35	63	1,37	-0,2672
2011	87	36	63	1,33	-0,3266
2012	84	37	62	1,30	-0,3875
2013	73	38	62	1,26	-0,4502
2014	87	39	62	1,23	-0,5152
2015	94	40	61	1,20	-0,5832
2017	63	41	59	1,17	-0,6551
2018	97	42	58	1,14	-0,7321
2019	90	43	58	1,12	-0,8161
2020	86	44	55	1,09	-0,9102
2021	52	45	52	1,07	-1,0198
2022	126	46	52	1,04	-1,1563
2023	62	47	38	1,02	-1,3536



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	98,32	100,09
10	114,21	114,68
25	135,22	133,11
100	167,01	160,36

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 valore 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	12,1	13,8	16,0	19,3
10 min/30 min	0,54	19,2	21,9	25,5	30,7
15 min/30 min	0,7	24,8	28,4	33,0	39,8
20 min/30 min	0,81	28,7	32,9	38,2	46,0
25 min/30 min	0,91	32,3	37,0	42,9	51,7
30 min/1 h	0,74	35,5	40,6	47,2	56,8
1 h/24 h	0,42	47,9	54,9	63,7	76,8
6 h/24 h	0,72	82,2	94,1	109,3	131,6
8 h/24 h	0,78	89,0	102,0	118,4	142,6
10 h/24 h	0,82	93,6	107,2	124,4	149,9
12 h/24 h	0,85	97,0	111,1	129,0	155,4
24 h	1,14*P (1 dia)	114,1	130,7	151,7	182,8
1 dia	Gumbel	100,09	114,68	133,11	160,36

3.5 PRECIPITAÇÕES A SEREM UTILIZADAS

Portanto para esse estudo utilizaremos as seguintes intensidades:

Período de Retorno T(anos)	Altura Pluviométrica (mm)
10	130,7
25	151,7
100	182,8

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, forma utilizados offset de 20 metros do eixo da vida na parte em declive por segurança e nas regiões de talude foi considerado offset de 100 metros, portanto obtemos a seguinte configuração de contribuição.

A área de contribuição A20 foi contabilizada como vazão que a rede receberá futuramente.

Figura 1 - Área de Contribuição

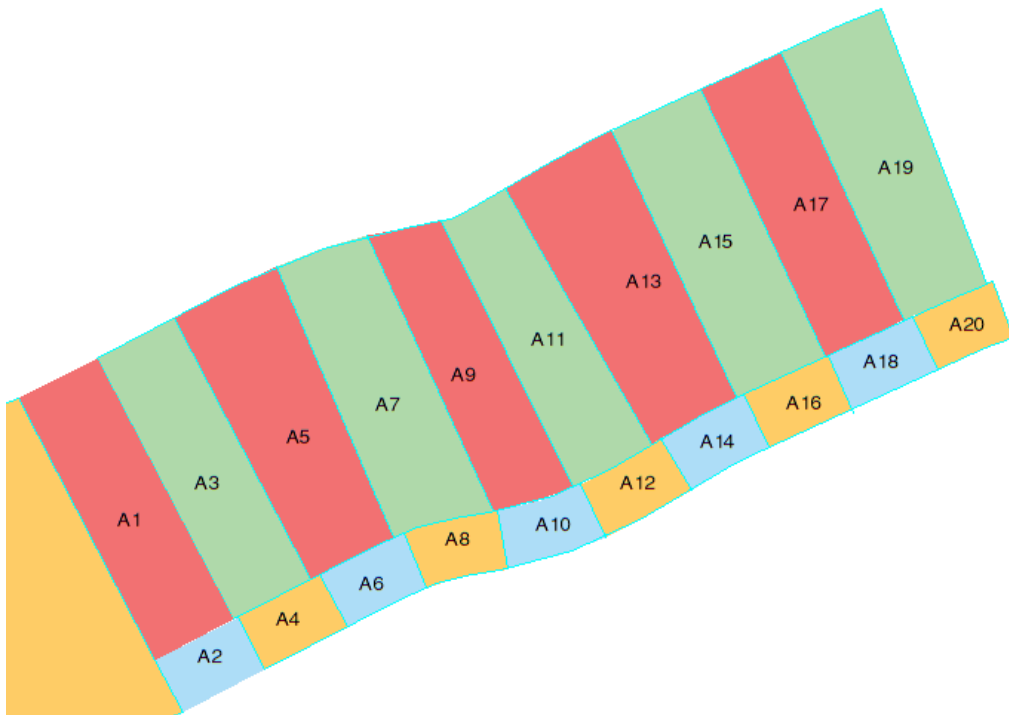
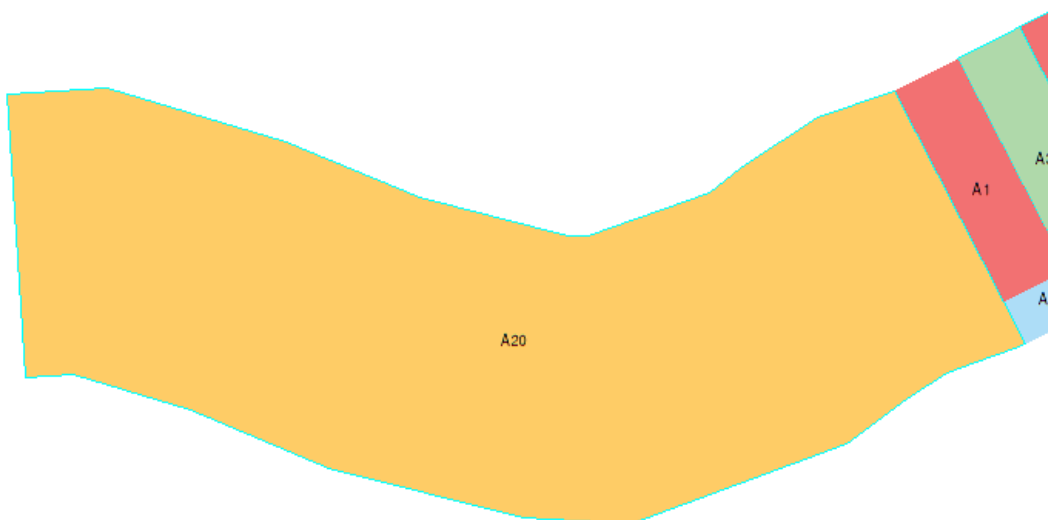


Figura 2 - Área de Contribuição para Drenagem Futura



3.6.2 Determinação do Coeficiente de Escoamento

Para o cálculo do coeficiente de escoamento das áreas foi considerado devido a característica de cada área seguindo o quadro abaixo.

Quadro 1 - Referência de coeficiente de escoamento (C)

Tipo de Terreno	C
Floresta densa	0,10 - 0,20
Pastagem	0,20 - 0,40
Cultivo em terra arada	0,30 - 0,50
Área urbana com grama	0,50 - 0,60
Área urbana com asfalto	0,70 - 0,80

O cálculo do coeficiente de escoamento médio é realizado por meio da média ponderada sendo:

$$C = \frac{\sum [C_1 * A_1 + C_2 * A_2 + \dots C_i * A_i]}{[A_1 + A_2 + \dots A_i]}$$

Portanto, temos que o coeficiente médio de escoamento para a o estudo é de 0,33 em unidade adimensional.

3.6.3 Determinação do Precipitação

Para o dimensionamento da drenagem e vazão das galerias de drenagem utilizaremos o tempo de retorno de 10 anos que informa a chuva mais forte que deverá ocorrer em um intervalo de 10 anos.

Portanto, a precipitação (I) utilizada é de 151,7 mm/h no ocorrida no período de 24h.

3.6.4 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	2972,68	0,15	151,7	0,019 m ³ /s
A2	629,03	0,5	151,7	0,013 m ³ /s
A3	2972,68	0,15	151,7	0,019 m ³ /s
A4	629,03	0,5	151,7	0,013 m ³ /s

Desc.	Área	C	I	Q
A5	3492,40	0,15	151,7	0,022 m ³ /s
A6	617,40	0,5	151,7	0,013 m ³ /s
A7	3350,27	0,15	151,7	0,021 m ³ /s
A8	608,62	0,5	151,7	0,013 m ³ /s
A9	2712,46	0,15	151,7	0,017 m ³ /s
A10	650,55	0,5	151,7	0,014 m ³ /s
A11	2744,77	0,15	151,7	0,017 m ³ /s
A12	642,30	0,5	151,7	0,014 m ³ /s
A13	3696,31	0,15	151,7	0,023 m ³ /s
A14	618,68	0,5	151,7	0,013 m ³ /s
A15	3332,09	0,15	151,7	0,021 m ³ /s
A16	625,16	0,5	151,7	0,013 m ³ /s
A17	2957,08	0,15	151,7	0,019 m ³ /s
A18	632,93	0,5	151,7	0,013 m ³ /s
A19	3397,61	0,15	151,7	0,021 m ³ /s
A20	575,59	0,5	151,7	0,012 m ³ /s
A21	50908,08	0,15	151,7	0,322 m ³ /s
Total				0,62 m³/s

Devido à ausência de sarjeta ou dispositivo que canalize a água para as bocas nas áreas A20, 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 o 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 espraçadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espraçadas, 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




1) Área do elemento d'água
 2) Diâmetro do elemento
 3) Área molhada
 4) Raio hidráulico

Q = Carga unitária, pela fórmula de Manning
 C = Coeficiente de rugosidade de Manning
 R = Raio hidráulico em função do raio do tubo d'água em m

$\frac{h}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{Q_n}{D^{8/3}}$	$\frac{C_n}{D^{1/3}}$
0.01	0.00133	0.00664	0.00039	10.1329
0.02	0.00179	0.01321	0.00071	7.1079
0.03	0.02487	0.01977	0.00093	5.7655
0.04	0.03094	0.02632	0.00112	4.8921
0.05	0.03480	0.03285	0.00128	4.4111
0.06	0.03824	0.03937	0.00141	4.0014
0.07	0.04127	0.04581	0.00151	3.6810
0.08	0.04394	0.05221	0.00158	3.4212
0.09	0.04628	0.05855	0.00163	3.2047
0.10	0.04833	0.06481	0.00166	3.0204
0.11	0.05011	0.07101	0.00168	2.8612
0.12	0.05164	0.07714	0.00169	2.7211
0.13	0.05294	0.08321	0.00169	2.5988
0.14	0.05401	0.08921	0.00168	2.4937
0.15	0.05487	0.09514	0.00166	2.4032
0.16	0.05554	0.10101	0.00164	2.3253
0.17	0.05601	0.10681	0.00161	2.2588
0.18	0.05631	0.11254	0.00157	2.2020
0.19	0.05644	0.11821	0.00152	2.1541
0.20	0.05641	0.12381	0.00146	2.1141
0.21	0.05621	0.12934	0.00139	2.0810
0.22	0.05584	0.13481	0.00131	2.0539
0.23	0.05531	0.14021	0.00122	2.0320
0.24	0.05464	0.14544	0.00112	2.0151
0.25	0.05381	0.15051	0.00101	2.0020

EXEMPLO: $Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ $n = 0,015$ $D = 0,10 \text{ m}$
 1) Área do elemento d'água 2) Diâmetro do elemento
 3) Área molhada 4) Raio hidráulico

TABELA 4-1
 REGIME UNIFORME DE ESCOAMENTO NAS SEÇÕES CIRCULARES



1) Área do elemento d'água
 2) Diâmetro do elemento
 3) Área molhada
 4) Raio hidráulico

Q = Carga unitária, pela fórmula de Manning
 C = Coeficiente de rugosidade de Manning
 R = Raio hidráulico em função do raio do tubo d'água em m

$\frac{h}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{Q_n}{D^{8/3}}$	$\frac{C_n}{D^{1/3}}$
0.26	0.16236	0.15163	0.00082	1.4755
0.27	0.17129	0.15858	0.00090	1.4320
0.28	0.18003	0.16542	0.00097	1.3885
0.29	0.18858	0.17215	0.00104	1.3451
0.30	0.19697	0.17878	0.00110	1.3016
0.31	0.20521	0.18531	0.00116	1.2581
0.32	0.21331	0.19174	0.00121	1.2146
0.33	0.22127	0.19807	0.00126	1.1711
0.34	0.22909	0.20431	0.00131	1.1276
0.35	0.23677	0.21046	0.00135	1.0841
0.36	0.24431	0.21651	0.00139	1.0406
0.37	0.25171	0.22246	0.00143	0.9971
0.38	0.25897	0.22831	0.00146	0.9536
0.39	0.26609	0.23406	0.00149	0.9101
0.40	0.27307	0.23971	0.00152	0.8666
0.41	0.27991	0.24526	0.00155	0.8231
0.42	0.28661	0.25071	0.00158	0.7796
0.43	0.29317	0.25606	0.00161	0.7361
0.44	0.29959	0.26131	0.00163	0.6926
0.45	0.30587	0.26646	0.00165	0.6491
0.46	0.31201	0.27151	0.00167	0.6056
0.47	0.31801	0.27646	0.00169	0.5621
0.48	0.32387	0.28131	0.00171	0.5186
0.49	0.32959	0.28606	0.00173	0.4751
0.50	0.33517	0.29071	0.00175	0.4316

Tabela 2 – Regime de escoamento Seção Circular

Com o valor inicial para determinar por interpolação os respectivos valores necessários (h/D e A/D^2), 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 50 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 100 metros.

5.2 SARJETA COMPOSTA

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

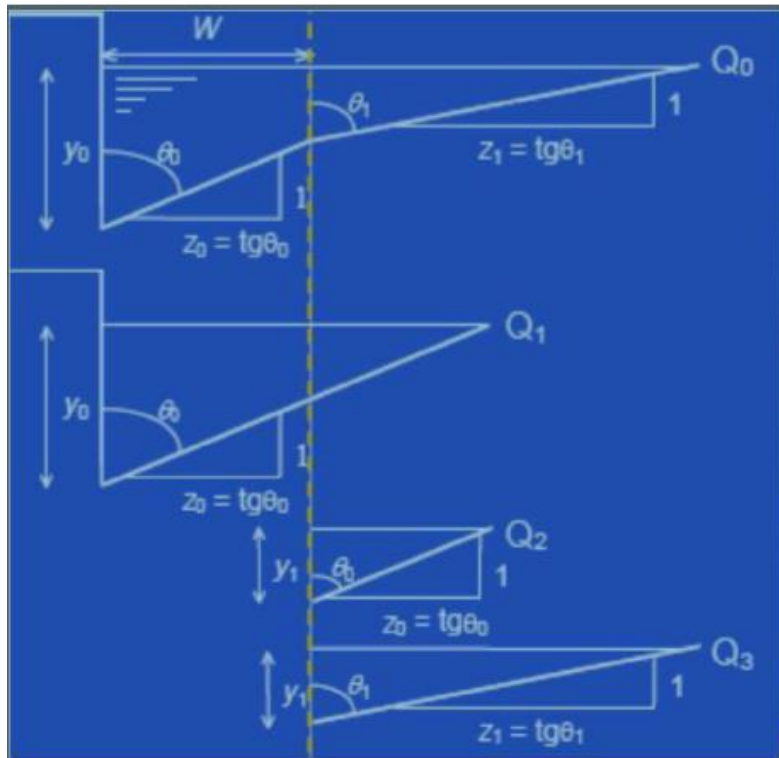


Figura 3 – Cálculo Sarjetas. Fonte: Adilson Pinheiro (2014)

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:

Tabela 3 – Dados Sarjeta e Guia

Dimensões Sarjeta	
Altura Guia (m)	0,15
Inclinação Sarjeta (%)	10%
Fator Redução Sarjeta	0,2
Inclinação Pista (%)	2%
Comprimento Pista (m)	3,80
Comprimento Lamina d'água (m)	1,00
Comprimento Sarjeta (m)	0,20

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

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 (m³/s)	0,014
Vazão Q2 (m³/s)	0,008
Vazão Q3 (m³/s)	0,002
Vazão Q Total (m³/s)	0,021
Vazão Qreduzida(m³/s)	0,016

Equação 14 – Vazão Total Sarjeta

6 DIMENSIONAMENTO DA BOCA DE LOBO

No estudo realizado será utilizado bocas de lobo na pista. O comprimento adotado para a boca de lobo será de 60cm e altura da guia igual a 15cm, também foi adotado lamina de água de 4 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	
	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 fórmulas 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	30,01	945,15	944,30	943,85	943	1,3	1,3	1,4	1,4	42,01	0,442	0,461	2,83%	2,83%	0,017	60	0,547	0,1587	2,91	0,172
	T2	30,27	944,30	941,50	943	940,2	1,3	1,3	1,4	1,4	42,38	0,013	0,493	9,25%	9,25%	0,017	60	0,407	0,1078	4,57	0,110
	T3	5	941,50	939,50	940	939,5	1,5	0	1,6	0,1	4,25	0,013	0,528	40,00%	10,00%	0,017	60	0,414	0,1102	4,79	0,017
G2	T4	14,34	937,10	934,75	935,8	933,75	1,3	1	1,4	1,1	14,34	0,013	0,034	16,39%	14,30%	0,017	40	0,161	0,0131	2,60	0,092
	T5	13,88	934,75	932,00	933,05	931,00	1,7	1	1,8	1,1	16,10	0,000	0,034	19,81%	14,77%	0,017	40	0,160	0,0130	2,62	0,088
	T6	5	932,00	930,00	930,75	930	1,25	0	1,35	0,1	2,90	0,014	0,065	40,00%	15,00%	0,017	40	0,220	0,0205	3,18	0,026
G3	T7	14,5	926,35	923,50	924,65	922,5	1,7	1	1,8	1,1	16,82	0,014	0,031	19,66%	14,83%	0,017	40	0,154	0,0122	2,55	0,095
	T8	14,5	923,50	920,50	921,65	919,5	1,85	1	1,95	1,1	17,69	0,000	0,031	20,69%	14,83%	0,017	40	0,154	0,0122	2,55	0,095
	T9	5	920,50	918,50	919,2	918,5	1,3	0	1,4	0,1	3,00	0,013	0,067	40,00%	14,00%	0,017	40	0,226	0,0214	3,14	0,027
G4	T10	14,45	914,80	911,95	913,1	910,95	1,7	1	1,8	1,1	16,76	0,013	0,034	19,72%	14,88%	0,017	40	0,159	0,0129	2,63	0,092
	T11	14,45	911,95	909,10	910,25	908,1	1,7	1	1,8	1,1	16,76	0,000	0,034	19,72%	14,88%	0,017	40	0,159	0,0129	2,63	0,092
	T12	13,69	909,10	906,45	907,5	905,45	1,6	1	1,7	1,1	15,33	0,013	0,066	19,36%	14,97%	0,017	40	0,221	0,0207	3,19	0,071
	T13	13,69	906,45	903,60	904,65	902,6	1,8	1	1,9	1,1	16,43	0,000	0,087	20,82%	14,97%	0,017	40	0,252	0,0250	3,48	0,066
G5	T14	5	903,60	901,60	902,3	901,6	1,3	0	1,4	0,1	3,00	0,012	0,099	40,00%	14,00%	0,017	40	0,274	0,0281	3,53	0,024
G6	T15	5,84	945,20	945,15	944,35	944,3	0,85	0,85	0,95	0,95	3,88	0,019	0,019	0,86%	0,86%	0,017	30	0,361	0,0230	0,83	0,118
G7	T16	6,53	944,40	944,30	943,55	943,45	0,85	0,85	0,95	0,95	4,34	0,019	0,019	1,53%	1,53%	0,017	30	0,308	0,0186	1,02	0,106
G8	T17	6,75	942,00	941,50	941,15	940,65	0,85	0,85	0,95	0,95	4,49	0,022	0,022	7,41%	7,41%	0,017	30	0,223	0,0118	1,87	0,060
G9	T18	6,03	937,50	937,10	936,65	936,25	0,85	0,85	0,95	0,95	4,01	0,021	0,021	6,63%	6,63%	0,017	30	0,224	0,0119	1,77	0,057
G10	T19	6,13	932,50	932,00	931,65	931,15	0,85	0,85	0,95	0,95	4,08	0,017	0,017	8,16%	8,16%	0,017	30	0,191	0,0094	1,80	0,057
G11	T20	6,71	927,00	926,35	926,15	925,5	0,85	0,85	0,95	0,95	4,46	0,017	0,017	9,69%	9,69%	0,017	30	0,181	0,0089	1,92	0,058
G12	T21	6,18	921,00	920,50	920,15	919,65	0,85	0,85	0,95	0,95	4,11	0,023	0,023	8,09%	8,09%	0,017	30	0,223	0,0118	1,95	0,053
G13	T22	5,71	915,00	914,80	914,15	913,95	0,85	0,85	0,95	0,95	3,80	0,021	0,021	3,50%	3,50%	0,017	30	0,262	0,0148	1,42	0,067
G14	T23	6,11	909,50	909,10	908,65	908,25	0,85	0,85	0,95	0,95	4,06	0,019	0,019	6,55%	6,55%	0,017	30	0,215	0,0111	1,71	0,060
G14	T24	6,89	904,00	903,60	903,15	902,75	0,85	0,85	0,95	0,95	4,58	0,021	0,021	5,81%	5,81%	0,017	30	0,231	0,0124	1,69	0,068

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 Juzante	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	Coefficiente 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
Vescav	Volume de Escavação da drenagem	t esc	Tempo de Escoamento

Cálculo	
Bruno Regalin	CREA-SC 164.059-2
Responsável Técnico Projeto	
Bruno Regalin	CREA-SC 164.059-2
20/02/2024	

8 TABELA DE DIMENSIONAMENTO DA SARJETA

Trecho	BL	Área (m ²)	Coefficiente C Ponderado	Precipitação (mm)	Vazão (m ³ /s)
S1	BL-01	2972,68	0,15	151,7	0,019
S2	BL-02	629,03	0,5	151,7	0,013
S3	BL-03	2972,68	0,15	151,7	0,019
S4	BL-04	629,03	0,5	151,7	0,013
S5	BL-05	3492,40	0,15	151,7	0,022
S6	BL-06	617,40	0,5	151,7	0,013
S7	BL-07	3350,27	0,15	151,7	0,021
S8	BL-08	608,62	0,5	151,7	0,013
S9	BL-09	2712,46	0,15	151,7	0,017
S10	BL-10	650,55	0,5	151,7	0,014
S11	BL-11	2744,77	0,15	151,7	0,017
S12	BL-12	642,30	0,5	151,7	0,014
S13	BL-13	3696,31	0,15	151,7	0,023
S14	BL-14	618,68	0,5	151,7	0,013
S15	BL-15	3332,09	0,15	151,7	0,021
S16	BL-16	625,16	0,5	151,7	0,013
S17	BL-17	2957,08	0,15	151,7	0,019
S18	BL-18	632,93	0,5	151,7	0,013
S19	BL-19	3397,61	0,15	151,7	0,021
S20	BL-20	575,59	0,5	151,7	0,012
Total					0,33 m³/s