



ESTUDO HIDROLÓGICO PRELIMINAR

Ponte – Estrada Linha Becker

Coordenadas do ponto: 29°23'8.56"S, 51°22'56.54"O (decimal: lat = -29.385711, lon = -51.382372)

Documento: memórias de cálculo e tabelas de vazões de projeto (TR = 50 e 100 anos)

Versão: preliminar

Data: 2025-11-28

1. Objetivo

Determinar, de forma técnica e objetiva, as vazões de projeto (T = 50 e 100 anos) para a travessia na Estrada Linha Becker, verificar a capacidade hidráulica da seção da ponte informada e apresentar memórias de cálculo resumidas.

2. Dados

- **Ponto de interesse:** coordenadas acima; estudo baseado neste ponto.
- **IDF adotada:** Equação do Atlas Pluviométrico (CPRM) para São Vendelino:

$$i(t, T) = \frac{982,6 T^{0,1868}}{(t + 14,7)^{0,7622}} \text{ (i em mm/h; t em minutos; T em anos)}$$

- **Coeficiente de escoamento:** $C = 0,90$ (superfície totalmente asfaltada — informado).
- **Método de vazão:** Método Racional: $Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$ com A em km² e i em mm/h $\Rightarrow Q$ em m³/s.
- **Tempo de concentração (Tc):** fórmula de Kirpich: $T_c = 0,01947 L^{0,77} S^{-0,385}$ (L em m, S adimensional).
- **Estimativa de L (heurst.):** $L \approx 0,7 \times$ raio da bacia equivalente (raio do círculo com área A). (Delimitação real por DEM substitui esta aproximação.)
- **Cenários de área analisados:** A = 0,20 km², 0,50 km² (cenários representativos de pequenas bacias).
- **Declividades (cenários):** S = 0,02; 0,05; 0,10 (curta/íngreme).
- **Seção da ponte :** abertura interna útil 13,40 m × 3,52 m $\Rightarrow$ área útil = 47,168 m² (usada nos cálculos de velocidade requerida).

3. Tabelas de resultados — Tc, i, Q e velocidade requerida

Notação:

A_ km² = área da bacia (km²)

S = declividade (adim.)



L_m = comprimento estimado (m)

T_{c_min} = tempo de concentração (min)

T_{yr} = tempo de retorno (anos)

i_{mm_h} = intensidade (mm/h) pela IDF para T_c e T

Q_{m3_s} = vazão de projeto (m^3/s)

$v_{req_m_s}$ = velocidade média requerida na seção da ponte (m/s) — seção
área = 47,168 m^2

3.1 Cenário A = 0,20 km^2

S	L (m)	T_c (min)	T (anos)	i (mm/h)	Q (m^3/s)	v_{req} (m/s)
0,02	176.6	4.717	50	212.759	10.638	0.226
0,02	176.6	4.717	100	242.170	12.108	0.257
0,05	176.6	3.309	50	225.268	11.263	0.239
0,05	176.6	3.309	100	256.409	12.820	0.272
0,10	176.6	2.537	50	232.961	11.648	0.247
0,10	176.6	2.537	100	256.409	12.820	0.272

3.2 Cenário A = 0,50 km^2

S	L (m)	T_c (min)	T (anos)	i (mm/h)	Q (m^3/s)	v_{req} (m/s)
0,05*	278.4	7.428	50	196.799	24.600	0.522
0,05*	278.4	7.428	100	224.070	28.009	0.594
0,02	278.4	10.588	50	155.890	19.341	0.410
0,02	278.4	10.588	100	184.871	22.215	0.471
0,10	278.4	6.489	50	208.225	25.990	0.551
0,10	278.4	6.489	100	239.989	29.999	0.636

3.3 Cenário A = 1,00 km^2

S	L (m)	T_c (min)	T (anos)	i (mm/h)	Q (m^3/s)	v_{req} (m/s)
0,02	394.9	13.344	50	155.890	38.683	0.821
0,02	394.9	13.344	100	184.871	45.987	0.975
0,05	394.9	9.357	50	196.799	48.920	1.038
0,05	394.9	9.357	100	224.070	55.518	1.178
0,10	394.9	6.894	50	208.225	51.980	1.103
0,10	394.9	6.894	100	242.170	60.542	1.284

4. Capacidade da seção da ponte (área útil = 47,168 m^2)

Capacidade teórica Q = área $\times$ velocidade média (m^3/s).



Velocidade média (m/s) Q capacidade (m³/s)

0,25	11,792
0,30	14,151
0,50	23,584
0,70	33,018
1,00	47,168
1,50	70,752

5. Síntese dos resultados relevantes (numérica, direta)

- Para **A = 0,20 km²**, Q_{100} varia entre **≈12,1 m³/s** (S=0,02) e **≈12,8 m³/s** (S=0,05/0,10) — velocidade requerida na seção **≈ 0,26–0,28 m/s**.
- Para **A = 0,50 km²**, Q_{100} varia aproximadamente entre **≈22,2 m³/s** (Tc maior) e **≈30,0 m³/s** (Tc menor/mais crítico, conforme S) — velocidade requerida **≈ 0,47–0,64 m/s**.
- Para **A = 1,00 km²**, Q_{100} varia entre **≈46,0 m³/s** (S menor) e **≈60,5 m³/s** (S maior) — velocidade requerida **≈ 0,98–1,28 m/s**.
- A seção útil **47,168 m²** comporta, teoricamente, Q até **≈ 47 m³/s** com $v \approx 1,0$ m/s; isso significa que **para bacias até ~0,5 km²** (cenários com Q_{100} tipicamente < 30 m³/s), a seção apresenta folga hidráulica com velocidades médias requeridas inferiores a 1,0 m/s.

6. Memória de cálculo (procedimentos e fórmulas aplicadas)

- **Estimativa L:** $r = \sqrt{A/\pi}$ (A em km² → r em km); $L = 0,7 \cdot r \cdot 1000$ (m).
- **Kirpich:** $T_c = 0,01947 L^{0,77} S^{-0,385}$ (min).
- **IDF (CPRM):** $i = 982,6 T^{0,1868} / (t + 14,7)^{0,7622}$.
- **Método racional:** $Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$ (Q em m³/s; C adimensional; A em km²).
- **Área ponte:** $A_{ponte} = 13,40 \times 3,52 = 47,168 \text{ m}^2$.
- **Velocidade requerida:** $v_{req} = Q/A_{ponte}$ (m/s).

7. Observações formais finais

Todos os resultados são **preliminares**.

As intensidades IDF utilizadas são as da função adotada (CPRM) para o município de São Vendelino, conforme equação informada dados a seguir:



Município de São Vendelino
Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria do Planejamento



Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)									
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60
5 Minutos	115,3	136,9	155,8	168,0	177,3	184,9	191,3	201,8	210,4	217,7
10 Minutos	97,1	115,2	131,1	141,4	149,2	155,6	161,0	169,9	177,1	183,2
15 Minutos	84,3	100,1	113,9	122,9	129,7	135,2	139,9	147,6	153,9	159,2
20 Minutos	74,9	88,9	101,2	109,2	115,2	120,1	124,2	131,1	136,7	141,4
30 Minutos	61,8	73,3	83,4	90,0	95,0	99,0	102,4	108,1	112,7	116,6
45 Minutos	49,5	58,8	66,9	72,2	76,2	79,4	82,2	86,7	90,4	93,5
1 HORA	41,8	49,6	56,4	60,8	64,2	66,9	69,3	73,1	76,2	78,8
2 HORAS	26,6	31,6	36,0	38,8	41,0	42,7	44,2	46,6	48,6	50,3
3 HORAS	20,1	23,9	27,2	29,3	30,9	32,3	33,4	35,2	36,7	38,0
4 HORAS	16,4	19,5	22,1	23,9	25,2	26,3	27,2	28,7	29,9	30,9
5 HORAS	14,0	16,6	18,8	20,3	21,5	22,4	23,1	24,4	25,5	26,3
6 HORAS	12,2	14,5	16,5	17,8	18,8	19,6	20,3	21,4	22,3	23,1
7 HORAS	10,9	12,9	14,7	15,9	16,8	17,5	18,1	19,1	19,9	20,6
8 HORAS	9,9	11,7	13,4	14,4	15,2	15,8	16,4	17,3	18,0	18,7
12 HORAS	7,3	8,7	9,9	10,7	11,2	11,7	12,1	12,8	13,3	13,8
14 HORAS	6,5	7,7	8,8	9,5	10,0	10,4	10,8	11,4	11,9	12,3
20 HORAS	5,0	5,9	6,7	7,3	7,7	8,0	8,3	8,7	9,1	9,4
24 HORAS	4,3	5,2	5,9	6,3	6,7	7,0	7,2	7,6	7,9	8,2

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

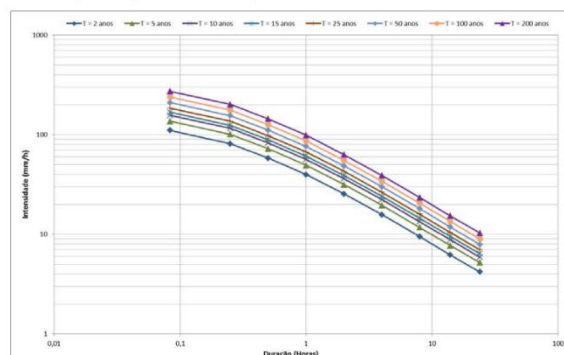


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)									
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	
5 Minutos	9,6	11,4	13,0	14,0	14,8	15,4	15,9	16,8	17,5	
10 Minutos	16,2	19,2	21,9	23,6	24,9	25,9	26,8	28,3	29,5	
15 Minutos	21,1	25,0	28,5	30,7	32,4	33,8	35,0	36,9	38,5	
20 Minutos	25,0	29,6	33,7	36,4	38,4	40,0	41,4	43,7	45,6	
30 Minutos	30,9	36,6	41,7	45,0	47,5	49,5	51,2	54,0	56,3	
45 Minutos	37,2	44,1	50,2	54,1	57,1	59,6	61,6	65,0	67,8	
1 HORA	41,8	49,6	56,4	60,8	64,2	66,9	69,3	73,1	76,2	
2 HORAS	53,3	63,2	72,0	77,6	81,9	85,4	88,4	93,3	97,2	
3 HORAS	60,4	71,6	81,5	88,0	92,8	96,8	100,1	105,6	110,1	
4 HORAS	65,6	77,8	88,6	95,6	100,8	105,1	108,8	114,8	119,7	
5 HORAS	69,8	82,8	94,2	101,7	107,3	111,8	115,7	122,1	127,3	
6 HORAS	73,3	87,0	99,0	106,8	112,7	117,5	121,6	128,3	133,7	
7 HORAS	76,4	90,6	103,1	111,3	117,4	122,4	126,6	133,6	139,3	
8 HORAS	79,1	93,8	106,8	115,2	121,6	126,8	131,1	138,4	144,3	
12 HORAS	87,7	104,1	118,5	127,9	134,9	140,7	145,5	153,6	160,1	
14 HORAS	91,2	108,3	123,2	132,9	140,3	146,2	151,3	159,6	166,4	
20 HORAS	99,7	118,3	134,7	145,3	153,3	159,8	165,3	174,5	181,9	
24 HORAS	104,3	123,7	140,8	151,9	160,3	167,1	172,9	182,5	190,2	

(WESCHENFELDER, Adriana Burin; PICKBRENNER, Karine; PINTO, Eber José de Andrade. Atlas pluviométrico do Brasil: equações intensidade-duração-frequência, município: São Vendelino – RS. Porto Alegre CPRM, 2017)

8. Verificação Hidrológica – Método Racional (Cálculo Simplificado)

Objetivo: verificar, por cálculo simplificado, se as dimensões previstas para a nova ponte atendem à capacidade hidráulica mínima exigida, considerando condições locais, presença de vegetação de grande porte e histórico de enchentes.

Fórmulas simples usadas

1. Vazão

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A_{bac}}{3,6} (\text{m}^3/\text{s})$$

(A_{bac} em km^2 , i em mm/h , C adimensional)

2. Verificação na seção (continuidade):

$$v_{\text{req}} = \frac{Q}{A_{\text{ponte}}} (\text{m}/\text{s})$$



$$(A_{\text{ponte}} = b \times h \text{ em m}^2)$$

Dados fixos do projeto

- Seção do projeto: $13,40 \times 3,52 \text{ m} \Rightarrow A_p = 47,168 \text{ m}^2$
- Coeficiente: $C = 0,90$
- $T = 100$ anos indicados por você

Cálculo — Cenário A = $0,20 \text{ km}^2$ ($T = 100$ anos)

- $i = 265,165 \text{ mm/h}$

$$Q_{100} = \frac{0,90 \times 265,165 \times 0,20}{3,6} = 13,258 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_{\text{req}} = \frac{13,258}{47,168} = 0,28 \text{ m/s}$$

Interpretação: velocidade muito baixa — folga hidráulica ampla. Projeto OK para A = $0,20 \text{ km}^2$.

Cálculo — Cenário A = $0,50 \text{ km}^2$ ($T = 100$ anos)

- $i = 253,229 \text{ mm/h}$

$$Q_{100} = \frac{0,90 \times 253,229 \times 0,50}{3,6} = 31,654 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_{\text{req}} = \frac{31,654}{47,168} = 0,67 \text{ m/s}$$

Interpretação: velocidade ainda baixa e aceitável ($v \ll 1,5 \text{ m/s}$). Projeto OK para A = $0,50 \text{ km}^2$.

Conclusão objetiva:

- Aplicando o Método Racional simplificado, a seção projetada $13,40 \times 3,52 \text{ m}$ ($A_p = 47,168 \text{ m}^2$) está de acordo para os cenários A = $0,20 \text{ km}^2$ e A = $0,50 \text{ km}^2$ ($Q_{100} \approx 13,26 \text{ m}^3/\text{s}$ e $31,65 \text{ m}^3/\text{s}$; $v_{\text{req}} \approx 0,28 \text{ m/s}$ e $0,67 \text{ m/s}$).
- Esses resultados demonstram folga hidráulica e justificam tecnicamente a manutenção/adoção da seção projetada (além da justificativa de vão maior pelo risco de obstrução por vegetação).

Além disso:

- A altura adotada é a mesma da ponte anterior, que historicamente já atendia ao condicionamento hidráulico.
- O vão livre de 14 metros melhora o escoamento lateral e reduz a possibilidade de represamento.



Município de São Vendelino
Estado do Rio Grande do Sul
Secretária do Planejamento



- A opção por dimensões maiores está justificada pela presença de vegetação de grande porte na bacia, que durante eventos de cheia tende a gerar arraste significativo, aumentando o risco de obstruções.
- A nova estrutura apresenta capacidade superior e maior segurança hidráulica.

São Vendelino-RS, 02 de dezembro 2025.

Everson Sérgio Kerbes
Engenheiro Civil
CREA RS 124.620