

10/10/2025

ESTUDO HIDROLÓGICO – OBRAS DE TRAVESSIA – MUNICÍPIO DE CACIQUE DOBLE/RS

DADOS DO EMPREENDIMENTO

Município: Cacique Doble – RS

Localidade: Área Urbana do Município

Curso d'água: Rio Carazinho e afluentes

Bacia Hidrográfica: Rios Apuaê-Inhandava (Região Hidrográfica do Uruguai – SEMA/RS)

Coordenadas das travessias a serem projetadas

*** PROJETO 01 -Rua Amabile Vieceli - Lat. 27°46'8.55"S
Long. 51°40'25.68"O**

*** PROJETO 02 - Av. Guerino Carnel - Lat. 27°45'51.77"S Long.
51°39'58.21"O**

PROJETO 03 - Av. Kaigang - Lat. 27°45'55.47"S Long. 51°40'0.24"O

**PROJETO 04 -Av. Silvio Dal Moro - Lat. 27°46'5.46"S
Long. 51°39'54.42"O**

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem por finalidade apresentar os estudos hidrológicos e hidráulicos realizados para subsidiar o projeto básico da nova travessia (ponte/galeria) a ser implantada na zona rural do município de Cacique Doble/RS, área urbana do município, sobre um curso d'água afluente de pequeno porte integrante da bacia hidrográfica regional, conforme indicado na Figura 1.

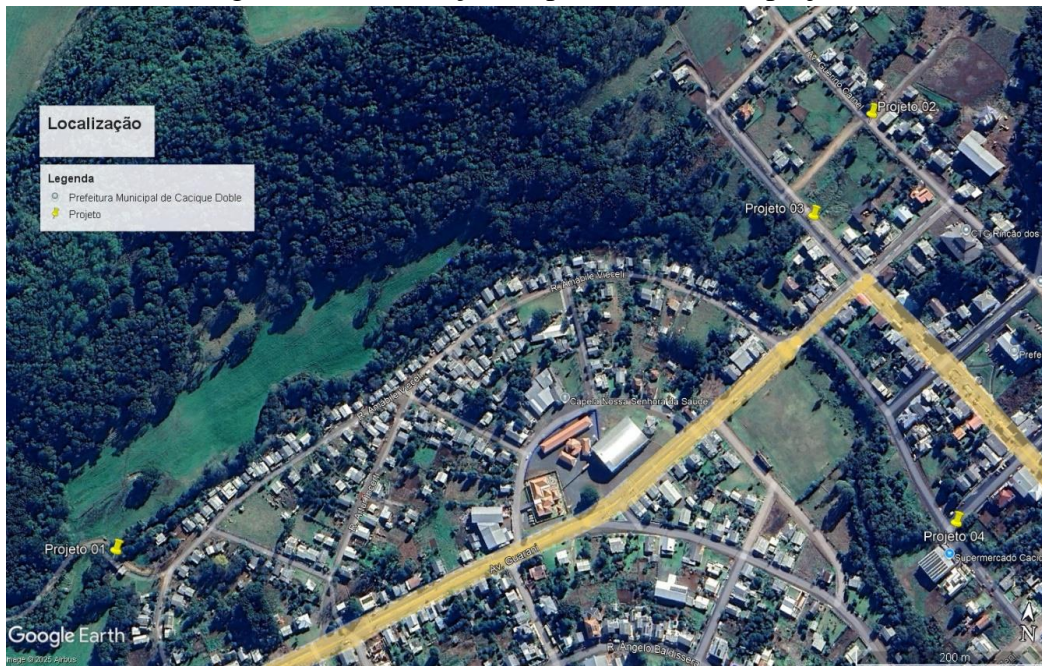
O estudo tem como objetivo avaliar as condições atuais de drenagem e o comportamento do curso d'água, de modo a definir as características hidráulicas e geométricas da estrutura proposta, assegurando o adequado escoamento das vazões de projeto, bem como a segurança e a funcionalidade da obra frente às condições climáticas extremas observadas na região.

A escolha do local da travessia foi fundamentada em critérios técnicos e operacionais, considerando a importância do acesso rural para o transporte da produção agrícola e o atendimento das propriedades locais, bem como a recorrência de alagamentos durante eventos de cheia que comprometem a trafegabilidade e a segurança viária.

As análises apresentadas neste documento foram elaboradas de acordo com as normas e manuais técnicos vigentes, com base em dados topográficos e pluviométricos regionais obtidos junto a órgãos oficiais, complementados por levantamentos de campo e imagens de satélite.

A metodologia empregada abrange os cálculos hidrológicos segundo o Método Racional, adequado para bacias com área de drenagem inferior a 2 km², e método: I-PAI-WU área ≥ 2 km², conforme recomendação do DNIT e do DAEE, bem como a verificação hidráulica associada ao dimensionamento da seção de passagem proposta, considerando as características geomorfológicas e hidráulicas do local da implantação.

Figura 1 – Localização do ponto da área do projeto



2. CARACTERÍSTICAS GERAIS

O município de Cacique Doble localiza-se na região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, conforme indicado na Figura 2, a aproximadamente 300 km de Porto Alegre. Possui área territorial de cerca de 175 km² e está inserido na área de atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê-Inhandava, pertencente à Região Hidrográfica do Uruguai, segundo a classificação da SEMA/RS (2021).

A região apresenta relevo suavemente ondulado a fortemente ondulado, com predominância de usos agrícolas e pecuários. O curso d'água analisado neste estudo é um afluente de pequeno porte da rede hidrográfica local, integrante da bacia do Rio Barra Grande, sobre o qual está prevista a implantação da nova travessia. Trata-se de um curso de regime essencialmente pluvial, com escoamento concentrado em períodos de chuvas intensas e estiagens prolongadas durante o inverno.

A atividade agropecuária constitui o principal componente econômico do município, representando parcela significativa do Produto Interno Bruto municipal. Essa configuração reflete um território predominantemente rural, com baixa impermeabilização

do solo e, conseqüentemente, menor coeficiente de escoamento superficial em comparação a áreas urbanas consolidadas.

Do ponto de vista hidrológico, o predomínio de pastagens, lavouras e pequenas áreas edificadas proporciona um escoamento superficial moderado, que se intensifica durante eventos de chuva concentrada, típicos da região serrana nordeste do Estado. Para o correto dimensionamento da travessia proposta, é fundamental compreender as características da microbacia de contribuição, o comportamento das vazões máximas de cheia e os períodos de retorno representativos adotados para a análise de projeto.

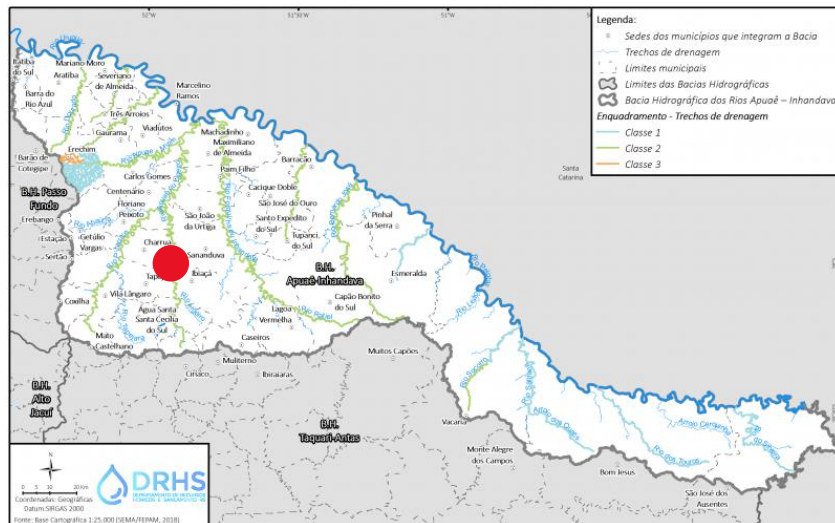
Também são considerados os aspectos geotécnicos e geomorfológicos locais, o histórico pluviométrico regional e a integração da nova travessia à malha viária municipal, de modo a garantir condições adequadas de drenagem, estabilidade e durabilidade estrutural.

Os estudos ora desenvolvidos baseiam-se em levantamentos topográficos detalhados, dados hidrológicos e pluviométricos regionais, inspeções de campo e imagens de satélite, assegurando que o projeto esteja alinhado às diretrizes técnicas, ambientais e de segurança atualmente exigidas pelos órgãos competentes.

Figura 2 – Localização do município de Cacique Doble no Estado do RS



Figura 3 – Mapa da Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê-Inhandava.



Fonte: SEMA

3. ESTUDO HIDROLÓGICO

3.1. ESTUDO HIDROLÓGICO PROJETO 01

O estudo compreende a determinação da vazão máxima de projeto, considerando os parâmetros físicos da bacia, as características geomorfológicas do terreno e a intensidade pluviométrica associada ao tempo de concentração calculado.

3.1.1. DADOS DE ENTRADA PROJETO 01

- Localização (coordenadas): Lat. 27°46'8.55"S; Long. 51°40'25.68"O
- Curso d'água: Rio Carazinho
- Área de drenagem: 7,85 km²
- Coeficiente de escoamento superficial: C = 0,40
- Período de retorno adotado: 100 anos.
- Método adotado: I-PAI-WU (área ≥ 2 km²).
- Área de drenagem: 7,85 km² (delimitação a seguir).

Figura 4- Coeficiente de Escoamento Recomendado DAEE.

USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	VALORES DE C	
	MÍNIMOS	MÁXIMOS
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos etc.	0,20	0,35

- Período de retorno adotado: 100 anos. (Figura 5).

Figura 5 – Período de retorno e borda livre recomendados pelo DAEE.

OBRA	SEÇÃO GEOMÉTRICA	TR (anos)	
		Área Urbana	Área Rural
Canalização	A céu aberto	Trapezoidal	50
		Retangular	100
	Contorno fechado	100	(a)
Travessias: pontes, bueiros e estruturas afins	Qualquer	100	100 (b)
Borda livre (f)			
Canais a céu aberto: $f \geq 10\%$ da lâmina líquida de cheia (H_{TR}), com $f \geq 0,4$ m			
Canais em contorno fechado: $f \geq 0,2 H_{TR}$.			

- Método adotado: I-PAI-WU (área ≥ 2 km²), (figura 6).

Figura 6 – Modelo de cálculo recomendado pelo DAEE.

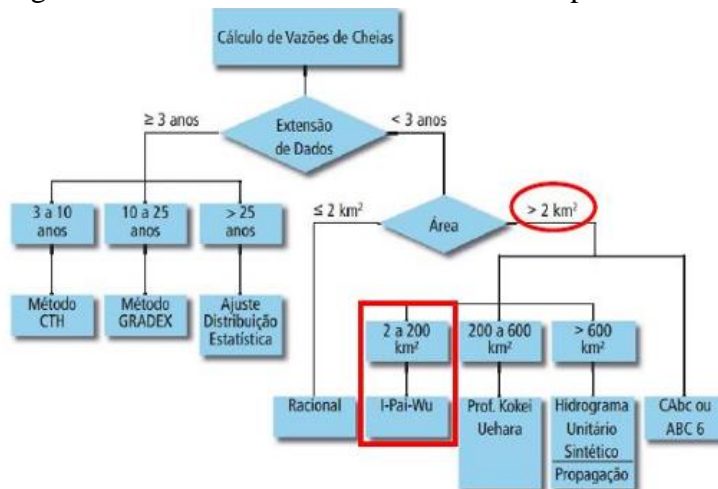
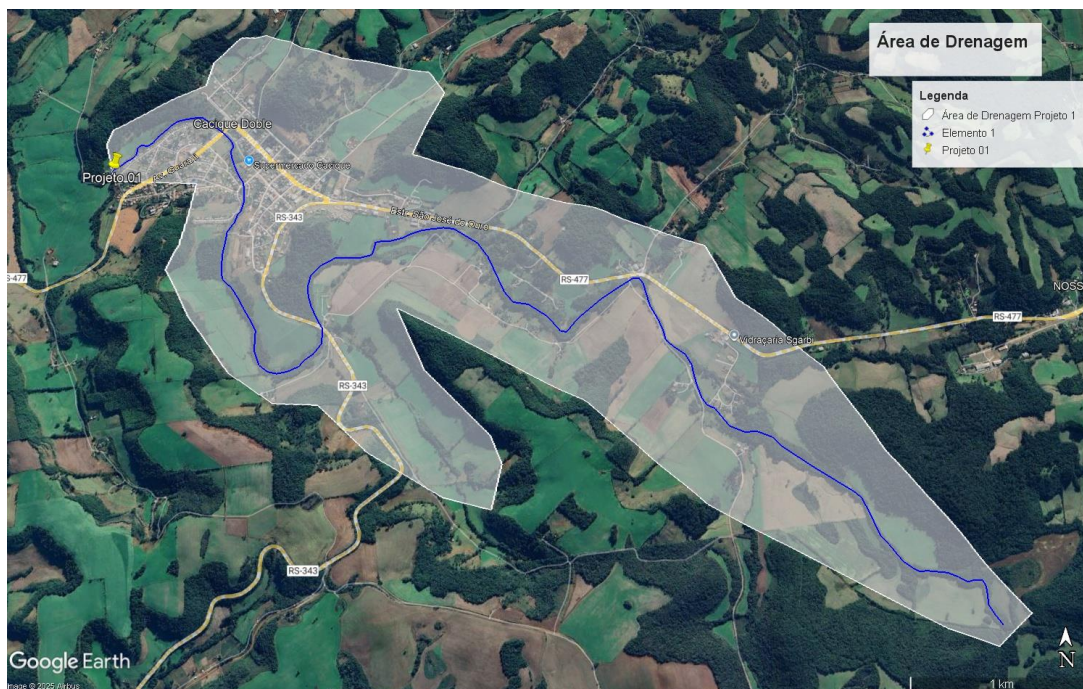


Figura 7 – Delimitação da área de drenagem.



3.1.2 DECLIVIDADE EQUIVALENTE (L_{eq})

Cotas fornecidas:

Estaca 0 m (ponte): 616 m

Estaca 1.000 m: 621 m

Estaca 2.000 m: 630 m

Trecho	Est. ini (m)	Cota ini (m)	Est. fim (m)	Cota fim (m)	L_i (m)	ΔH (m)	$i = \Delta H/L_i$ (m/m)	L_i / \sqrt{i}
1	0	616	1000	621	1000	5	0,0050	14.142
2	1000	621	2000	630	1000	9	0,0090	10.541

$\Sigma L = 2.000 \text{ m}$ $\Sigma(L_i/\sqrt{i_i}) = 24.683$

$$I_{eq} = [\Sigma L / \Sigma(L_i / i_i^{0,5})]^2 = 0,006566 \text{ m/m} = 6,57 \text{ m/km}$$

3.1.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (Tc)

Comprimento do talvegue principal até a ponte: L = 9,24 km

Fórmula (DAEE / I-Pai-Wu): $T_c = 57 \times (L^2 \div I_{eq})^{0,385}$

$$\rightarrow T_c = 57 \times (9,24^2 / 6,57)^{0,385} = 153 \text{ min}$$

3.1.4 INTENSIDADE DE CHUVA (IDF – 100 ANOS)

Equação IDF (Vacaria/RS): $i(t,T) = 80,48 \cdot (t + 40)^{-0,9946} + 55,90 \cdot (t + 80)^{-1,1041} \times [-0,4751 - 0,8694 \cdot \ln \ln (T / (T-1))]$

Para t = 153 min e T = 100 anos $\rightarrow i = 58 \text{ mm/h}$

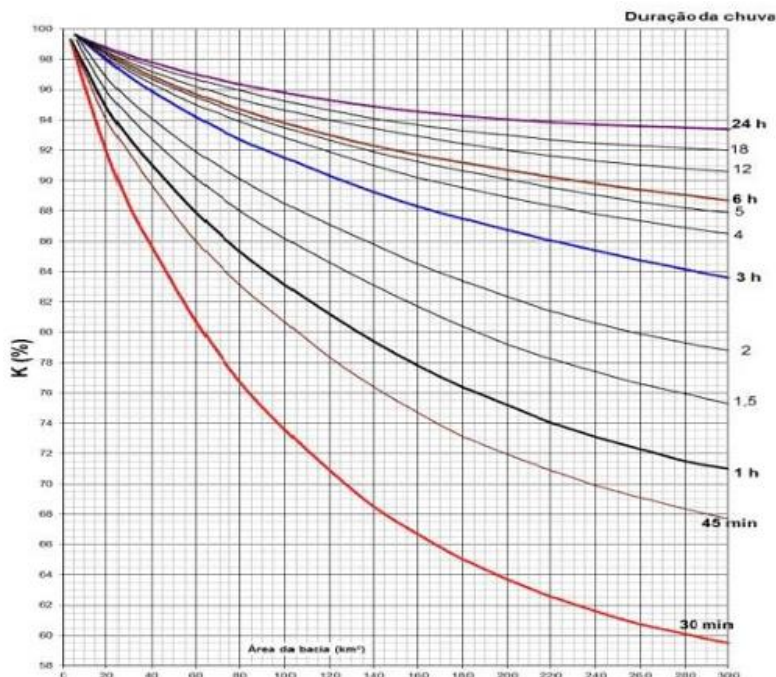
3.1.5 VAZÃO DE PROJETO

$$Q = 0,278 \times C \times i \times A^{0,9} \times K \times 1,10$$

C = 0,40; i = 58 mm/h; A = 7,85 km²; K = 0,98

$$\rightarrow Q_{proj} = 44,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Figura 8 – • Coeficiente de distribuição: K = 0,98.



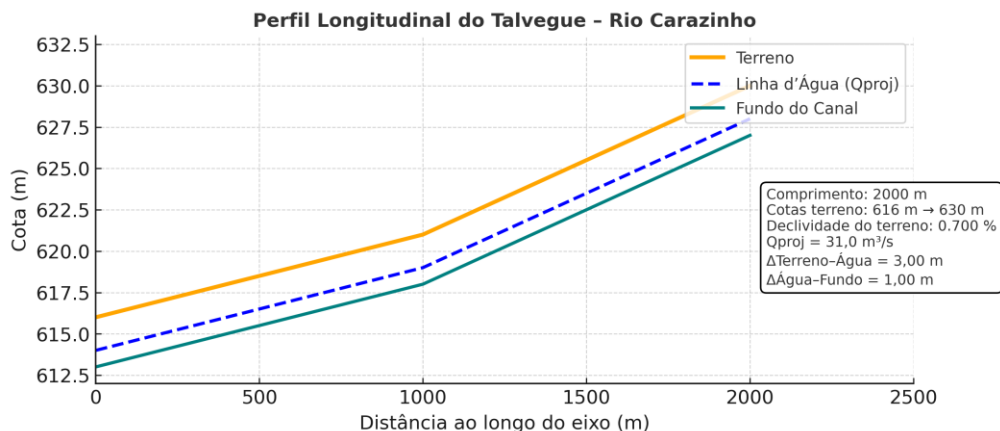
• Coeficiente de distribuição: K = 0,98.

3.1.5.1 LINHA D'ÁGUA PARA VAZÃO DO PROJETO

Comprimento analisado do talvegue: 9,24 km

Declividade equivalente: 0,657% (6,57 m/km)

Gráfico 1 – Perfil Longitudinal.



3.2 ESTUDO HIDROLÓGICO – PROJETO 2 E 3

O estudo compreende a determinação da vazão máxima de projeto, considerando os parâmetros físicos da bacia, as características geomorfológicas do terreno e a intensidade pluviométrica associada ao tempo de concentração calculado.

3.2.1 DADOS DE ENTRADA

- Localização (coordenadas): Lat. 27°45'55.47"S; Long. 51°40'0.24"O
- Área de drenagem: 0,51 km²
- Comprimento do talvegue: 589 m
- Coeficiente de escoamento superficial: $C = 0,40$
- Período de retorno adotado: 100 anos
- Método adotado: Racional (bacias menores que 2 km², T_c pelo método de Kirpich)

3.2.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (T_c)

Fórmula (Kirpich): $T_c = 0,01947 \times L^{0,77} \times S^{(-0,385)}$

$L = 589 \text{ m}$, $S = 0,0549 \rightarrow T_c \approx 8,08 \text{ min}$

3.2.4 INTENSIDADE DE CHUVA (IDF – 100 ANOS)

Equação IDF (Vacaria/RS): $i(t,T) = 80,48 \cdot (t + 40)^{(-0,9946)} + 55,90 \cdot (t + 80)^{(-1,1041)} \times [-0,4751 - 0,8694 \cdot \ln \ln (T / (T-1))]$

Para $t = 8,08 \text{ min}$ e $T = 100 \text{ anos} \rightarrow i \approx 180 \text{ mm/h}$

3.2.5 VAZÃO DE PROJETO

Fórmula (Racional): $Q = 0,278 \times C \times i \times A$

$C = 0,40$; $i = 180 \text{ mm/h}$; $A = 0,51 \text{ km}^2 \rightarrow Q \approx 10,21 \text{ m}^3/\text{s}$

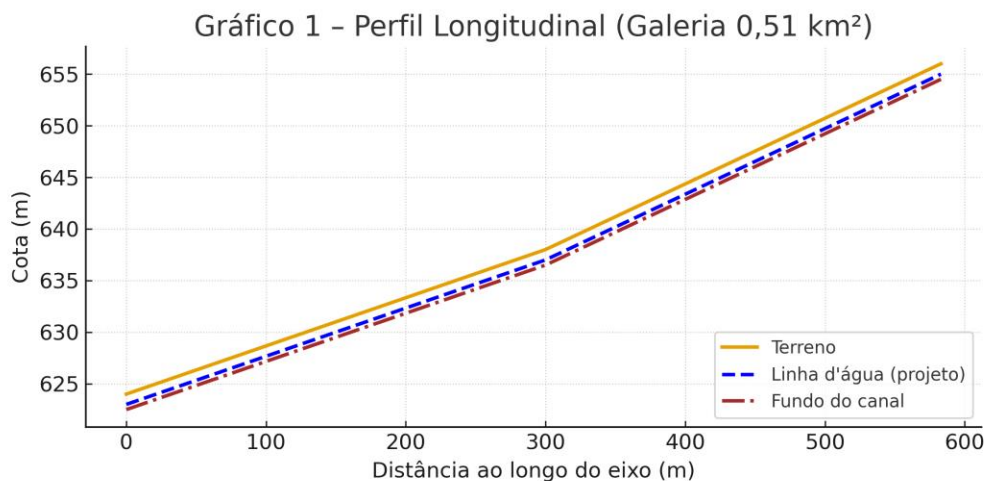
Forma estendida (para consistência com estudos anteriores): $Q_{\text{ext}} = 0,278 \times C \times i \times A^{0,9} \times K \times 1,10$, $K = 0,98 \rightarrow Q_{\text{ext}} \approx 11,77 \text{ m}^3/\text{s}$

3.2.5.1 LINHA D'ÁGUA PARA VAZÃO DO PROJETO

Comprimento analisado do perfil: 589 m

Declividade média: 5,49%

Gráfico 1 – Perfil Longitudinal.



3.3 ESTUDO HIDROLÓGICO PROJETO 4

O estudo compreende a determinação da vazão máxima de projeto, considerando os parâmetros físicos da bacia, as características geomorfológicas do terreno e a intensidade pluviométrica associada ao tempo de concentração calculado.

3.3.1 DADOS DE ENTRADA

- Área de drenagem: 1,60 km²
- Coeficiente de escoamento superficial: $C = 0,40$
- Período de retorno adotado: 100 anos
- Método adotado: Método Racional (adequado para bacias < 2 km²)

Figura 10- Coeficiente de Escoamento Recomendado DAEE.

USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	VALORES DE C	
	MÍNIMOS	MÁXIMOS
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos etc.	0,20	0,35

- Período de retorno adotado: 100 anos. (Figura 5).

Figura 11 – Período de retorno e borda livre recomendados pelo DAEE.

OBRA	SEÇÃO GEOMÉTRICA		TR (anos)	
			Área Urbana	Área Rural
Canalização	A céu aberto	Trapezoidal	50	(a)
		Retangular	100	
	Contorno fechado	100		
Travessias: pontes, bueiros e estruturas afins	Qualquer		100	100 (b)
Borda livre (f)				
Canais a céu aberto: $f \geq 10\%$ da lâmina líquida de cheia (H_{TR}), com $f \geq 0,4$ m				
Canais em contorno fechado: $f \geq 0,2 H_{TR}$.				

Figura 12 – Delimitação da área de drenagem.



3.3.2 DECLIVIDADE EQUIVALENTE (I_{eq})

Tabela 1 – Valores obtidos pelo levantamento altimétrico (Google Earth / levantamento de campo)

Trecho	Est. ini (m)	Cota ini (m)	Est. fim (m)	Cota fim (m)	L_i (m)	ΔH (m)	$i = \Delta H/L_i$ (m/m)	L_i / \sqrt{i}
1	0	621	600	640	600	19	0,031667	3.372
2	600	640	1.200	657	600	17	0,028333	3.565
Σ					1.200			6.937

$$I_{eq} = [(\Sigma L)/(\Sigma(L/\sqrt{i}))]^2 = (1.200/6.937)^2 \approx 0,0299 \text{ m/m (29,9 m/km)}$$

Declividade média $\approx 3 \%$.

3.3.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (T_c)

$$T_c = 57 \times (L^2 / I_{eq})^{0,385} \rightarrow L=1,20 \text{ km}, I_{eq}=29,9 \text{ m/km} \rightarrow T_c \approx 17,7 \text{ min.}$$

3.3.4 INTENSIDADE DE CHUVA (IDF – 100 ANOS)

$$\text{Equação tipo Chen para Vacaria/RS: } i(t,T)=803,78 \times T^{0,16} / (t+9,92)^{0,73} \text{ [mm/h]}$$

$$\text{Para } t=17,7 \text{ min e } T=100 \text{ anos} \rightarrow i \approx 149 \text{ mm/h.}$$

3.3.5 VAZÃO DE PROJETO

$$Q = 0,278 \times C \times i \times A \rightarrow C=0,40, i=149 \text{ mm/h}, A=1,60 \text{ km}^2 \rightarrow Q_{proj} \approx 26,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vazão específica $q=16,6 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ (coerente com bacias pequenas declivosas do RS).

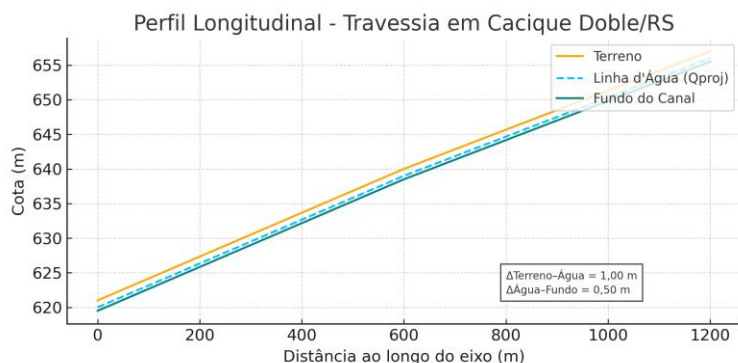
3.3.5.1 LINHA D'ÁGUA PARA A VAZÃO DE PROJETO

Comprimento do talvegue: 1,20 km

Cotas: 621 m → 657 m

Declividade média: ~3 %

Gráfico 1 – Perfil Longitudinal (espaço reservado)



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A microbacia analisada, localizada na zona rural do município de Cacique Doble/RS, apresenta características de relevo moderadamente inclinado, com solos de moderada a baixa infiltração e escoamento concentrado em vales naturais. Mesmo com pequena área de drenagem a combinação de declividade elevada e chuvas intensas resulta em vazões de pico significativas, demandando seção de passagem adequada para garantir a segurança hidráulica da travessia.

O terreno dispõe de canais naturais e pequenas drenagens laterais que favorecem o escoamento e a dissipação de energia, contribuindo para o controle de cheias e a estabilidade da obra.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DNIT (2005). Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DNIT.

PMSP (1999). Procedimento DP-H06 – Determinação da Vazão de Projeto para Bacias Inferiores a 10 km². Departamento de Águas e Energia Elétrica – São Paulo.

SILVA, E. L. (2022). Curvas de IDF e obtenção dos parâmetros da equação de chuvas para Vacaria/RS. Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS.

Cacique Doble/RS, outubro de 2025.

OUTBOX ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA
CNPJ: 42.719.730/0001-97
ALANA DOGENSKI
Engenheira Civil CREA/RS 248165