

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE



RODOVIA : CORREDOR LITORÂNEO NORTE (VIAMAR)
LOTE : LOTE 4
SEGMENTO: ENTRONC. SC-414 - ENTRONC. SC-486

PROJETO DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA
PARA OBRAS DE IMPLANTAÇÃO E
DUPLICAÇÃO DA RODOVIA

PROJETO FINAL DE ENGENHARIA
PARTE 1 - ANTEPROJETO

VOLUME 1 - RELATÓRIO DO PROJETO E MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

FEVEREIRO/2026

CONSÓRCIO SOTEPA - PLANEJAR - SIE

1 ÍNDICE

ÍNDICE

1	ÍNDICE	2
2	APRESENTAÇÃO.....	4
3	MAPA DE SITUAÇÃO.....	6
4	ESTUDOS	8
	A ESTUDO TOPOGRÁFICO.....	9
	B ESTUDO GEOLÓGICO.....	20
	C ESTUDO HIDROLÓGICO	74
	D ESTUDO GEOTÉCNICO.....	130
5	PROJETOS	140
	A PROJETO GEOMÉTRICO.....	141
	B PROJETO DE SINALIZAÇÃO.....	153
	C PROJETO DE TERRAPLENAGEM.....	170
	D PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTES.....	174
	E PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....	210
	F PROJETO DE INTERSEÇÕES.....	219
	G PROJETO DE MEIO AMBIENTE – COMPONENTE AMBIENTAL.....	251
	H PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES.....	262
	I PROJETO DE CONTENÇÃO.....	266
	J PROJETO GEOTÉCNICO.....	329
	K CADASTRO E PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO.....	381
	L PROJETO DE OBRA DE ARTE ESPECIAL.....	383
	M ANÁLISE ECONÔMICA.....	390
6	QUADRO DE QUANTIDADES.....	396
7	ESPECIFICAÇÕES	439
8	INFORMAÇÕES PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE EXECUÇÃO	472

2 APRESENTAÇÃO

2. APRESENTAÇÃO

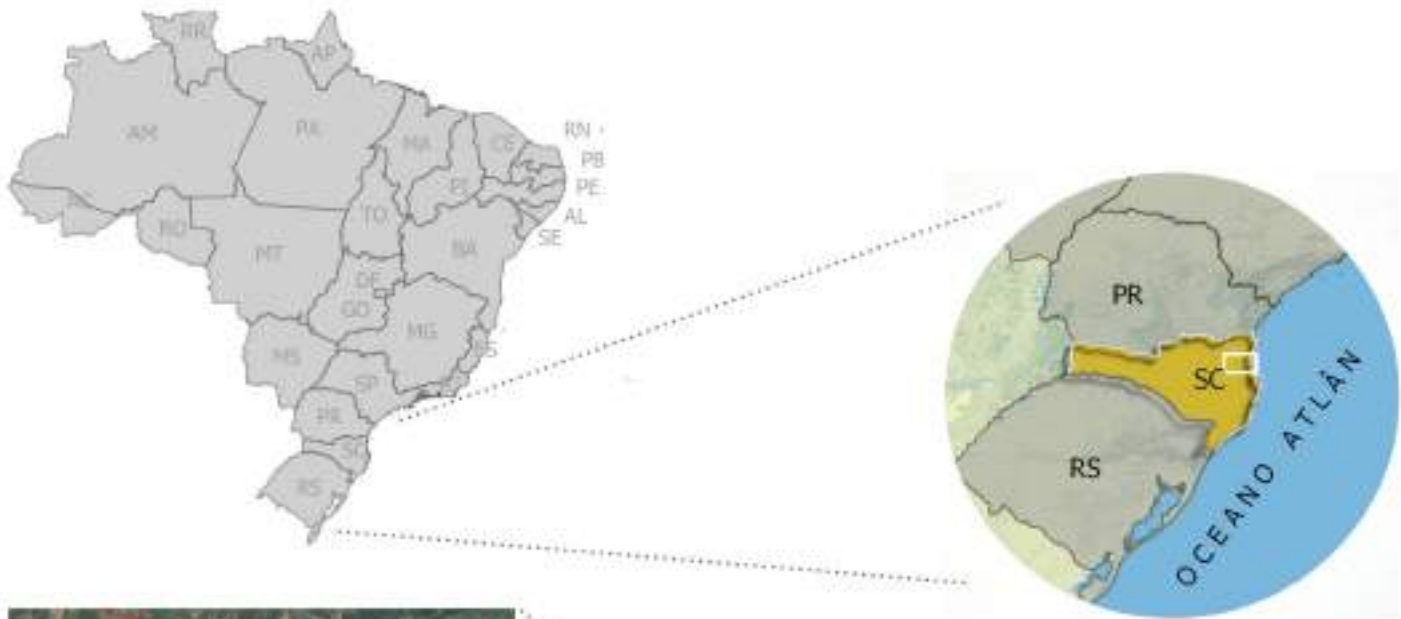
Este Volume, denominado **Volume 1: Relatório de Projeto e Memória Justificativa**, contém os trabalhos efetuados pelo Consórcio SOTEPA - PLANEJAR - SIE referente à fase de **ANTEPROJETO**, do “**Projeto de Engenharia Rodoviária para Obras de Implantação e Duplicação da Rodovia Corredor Litorâneo Norte (VIAMAR), Trecho: Entroncamento SC-114 – Entroncamento SC-486, Lote 04**” em atendimento aos termos contratuais firmados com a Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade.

Os serviços ora apresentados baseiam-se nos termos contratuais firmados, cujas principais referências são:

- Edital de Licitação nº:RDC 0166/SIE/2022
- Data da Licitação:09/09/2022
- Contrato nº:CT 356/2022
- Data da Assinatura do Contrato:21/12/2022
- Ordem de Serviço nº:.....011/2024
- Data da Expedição da Ordem de Serviço:.....23/10/2024

3 MAPA DE SITUAÇÃO

MAPA DE SITUAÇÃO



SOTEPA

PLANEJAR



SIE

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE

CONSÓRCIO SOTEPA - PLANEJAR - SIE

SC

RODOVIA: CORREDOR LITORÂNEO NORTE (VIAMAR)

LOTE: 04

TRECHO: SC-414 (Navegantes) - SC-486 (Itajai)

4 ESTUDOS

A ESTUDO TOPOGRÁFICO

A. ESTUDO TOPOGRÁFICO

O Estudo Topográfico (Restituição Topográfica) foi elaborado, no que coube, com base na Instrução de Serviço para Estudo Topográfico – IS-03 do DEINFRA, atual SIE, e de acordo com a Norma Brasileira NBR 13.133 mais recente, obedecendo às especificações para o levantamento planialtimétrico cadastral classe I PAC.

a) Relatório descritivo dos trabalhos

Foram realizados os seguintes serviços referentes ao estudo topográfico:

- Implantação de marcos de concreto de coordenadas básicas e transporte de coordenadas com equipamento GPS de precisão, denominado comercialmente de RTK, formando a rede de apoio de coordenadas básicas amarradas à rede oficial do IBGE, segundo o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e Datum SIRGAS 2000, sendo utilizados também como Rede de RN, uma vez que são georreferenciados em coordenadas planas e altimétricas;
- Pontos de check em campo, para validação.
- Escaneamento da superfície do terreno para a obtenção da Modelagem Digital do Terreno (MDT), com equipamento Perfilômetro a Laser que independe de visualização de satélite e atinge diretamente o solo, atravessando vegetação;

b) Nuvem de Pontos

Com as atividades de campo concluídas, a equipe de escritório processou os dados obtidos, tendo como produto a nuvem de pontos, utilizada para a geração do Modelo Digital do Terreno georreferenciado e o cadastro planialtimétrico em escala compatível.

Processamento da nuvem de pontos no DJI TERRA, LIDAR360® e PIX4D MAPPER.

- Geração de Ortomosaico Georreferenciado em formatos GeoTiff, ECW e Kml.
- Geração de DSM (Modelo Digital de Superfície) em formato GeoTIFF.
- Geração de MDT (Modelo Digital de Terreno) em formato GeoTIFF.
- Nuvem de pontos DSM e MDT salvos em três formatos:
- LAS: Nuvem de pontos salvo como arquivo LAS (. Las)
- LAS (Compressed): Nuvem de pontos salvo como arquivo LAS comprimido (Laz).
- RCS: Nuvem de pontos salvo como arquivo RCS.
- DWG: Nuvem de Pontos salvo como arquivo .DWG
- DXF: Nuvem de Pontos salvo como arquivo .DXF
- Relatório de Qualidade e Processamento em formato PDF.

c) Relatório Resumo dos relatórios de qualidade

A seguir está o **relatório resumo** dos arquivos de **Relatório de Qualidade Lidar**. Cada item resume os principais parâmetros de voo, sensores utilizados, qualidade da nuvem de pontos e informações de processamento.

1. SOTEPA PQ1

- Sensor: DJI Zenmuse L2

- Densidade média da nuvem de pontos: 226 pts/m²
- Resolução DEM: 1:500
- Precisão POS: 100% fixo
- Erros RMSE:
- X: 0.00506 m
- Y: 0.00432 m
- Z: 0.00843 m

2. SOTEPA PQ2

- Sensor: DJI Zenmuse L2
- Tempo de voo: 31min 50s
- Densidade média da nuvem de pontos: 275 pts/m²
- Resolução DEM: 1:500
- Precisão POS: 100% fixo
- Erros RMSE:
- X: 0.00527 m
- Y: 0.00434 m
- Z: 0.00821 m

3. SOTEPA PQ3 - M4

- Sensor: DJI Zenmuse L2
- Tempo de voo: 33min 22s
- Densidade média da nuvem de pontos: 269 pts/m²
- Resolução DEM: 1:500
- Precisão POS: 100% fixo
- Erros RMSE:
- X: 0.00541 m
- Y: 0.00455 m
- Z: 0.00858 m

4. SOTEPA LS4 L5 SO04

- Sensor: DJI Zenmuse L2
- Tempo de voo: 43min 52s
- Densidade média da nuvem de pontos: 251 pts/m²
- Resolução DEM: 1:500
- Precisão POS: 100% fixo
- Erros RMSE:
- X: 0.00514 m
- Y: 0.00457 m
- Z: 0.00861 m

5. SOTEPA M3

- Sensor: DJI Zenmuse L2
- Tempo de voo: 34min 14s
- Densidade média da nuvem de pontos: 239 pts/m²
- Resolução DEM: 1:500
- Precisão POS: 100% fixo
- Erros RMSE:
- X: 0.00546 m
- Y: 0.00463 m
- Z: 0.00872 m

6. SOTEPA MVA6-2

- Sensor: DJI Zenmuse L2
- Tempo total de coleta: 1h 31min 35s (5 voos)
- Densidade média da nuvem de pontos: 279 pts/m²
- Resolução DEM: 1:500
- Precisão POS: 100% fixo
- Erros RMSE:
- X: 0.00531 m
- Y: 0.00514 m
- Z: 0.00663 m

d) Marcos Geodésicos e Pontos de Apoio

Está sendo elaborada a monografia dos marcos implantados, os quais em atendimento ao disposto no item 5.8 da NBR 13.133 da ABNT, assumem simultaneamente a função de rede básica de coordenadas planas e rede de RRNN de coordenadas altimétricas.

O levantamento topográfico contou com a implantação e observação de **7 marcos geodésicos**, denominados de **MVA-001 a MVA-007**. As coordenadas foram determinadas por meio de GNSS em modo estático, com processamento pós-missão utilizando base compatível com o sistema SIRGAS 2000 / UTM zona 22S.

Marco	E	N	z
MVA-001	721191,339	7015950,492	6,19
MVA-002	720464,468	7018209,296	13,15
MVA-003	719595,061	7020577,740	4,82
MVA-004	719957,344	7025566,512	5,91
MVA-005	718522,709	7028500,875	5,52
MVA-006	718703,770	7034173,890	5,6
MVA-007	718754,577	7037016,848	10,89

As precisões obtidas para os marcos estão dentro dos padrões exigidos para levantamentos planialtimétricos de alta precisão, sendo que os **erros médios quadráticos (RMSE)** dos marcos encontram-se na faixa de milímetros a poucos centímetros.

e) Monografia dos Marcos

As planilhas completas com os dados das monografias e os respectivos relatórios de processamento GNSS estão apresentadas a seguir;



LEVANDO O MUNDO FÍSICO AOS DADOS DIGITAIS

voetopo.com.br | @voetopo

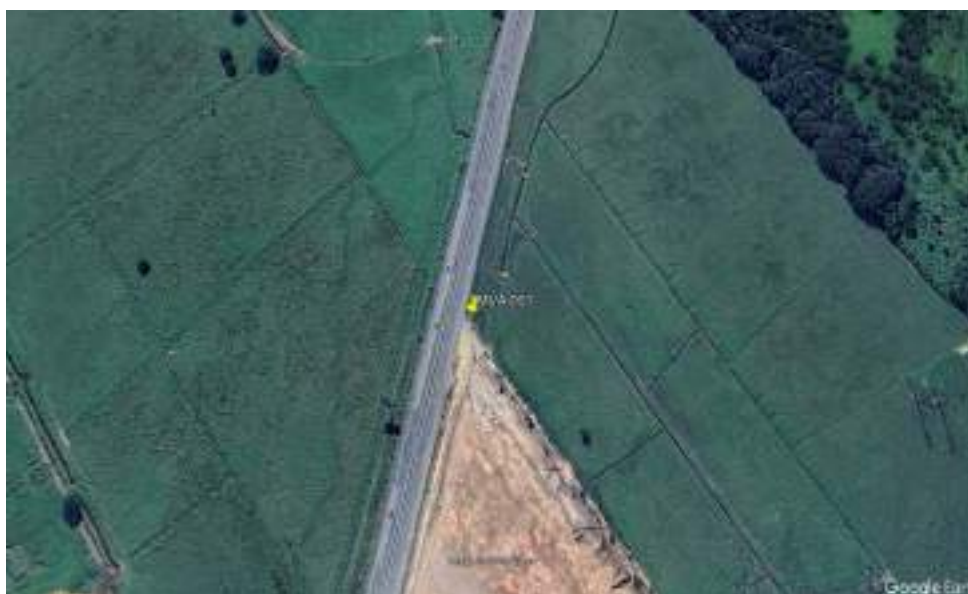
Identificação do marco: MVA-001	Data: Abril/2025	Localidade: VIA MAR - SOTEPA
Material: Marco de Concreto c/ placa	Equipamento	SPECTRA GNSS SP60
Datum: Sirgas2000	Latitude	- 26°57'39,0517"
Elipsóide: EGM96	Longitude	- 48°46'18,1020"
Projeção: UTM	N (m)	7015950,492
Fuso: 22 SUL	E (m)	721191,339
Meridiano Central: -51	Altitude elipsoidal: h (m)	6,480
Fonte: Modelo Geoidal - MAPGEO2015	Altitude ortométrica: H (m)	6,190
Ponto visado/referencia:	Ondulação Geoidal:	0,29
	Precisões SIGMA	Lat:0,002 Long:0,005 Z:0,010

FOTO DE LOCALIZAÇÃO E DE DETALHE



Descrição e Itinerário: Ponto instalado (marco de concreto com chapinha) localizado ao lado da rodovia SC-486, sentido litoral

Croqui/Imagem (fonte google):



Executado por: Mailon de Moura

CFT: 02821191081



LEVANDO O MUNDO FÍSICO AOS DADOS DIGITAIS

voetopo.com.br | @voetopo

Identificação do marco: MVA-002	Data: Abril/2025	Localidade: VIA MAR - SOTEPA
Material: Marco de Concreto c/ placa	Equipamento	SPECTRA GNSS SP60
Datum: Sirgas2000	Latitude	- 26°56'26,1046"
Elipsóide: EGM96	Longitude	- 48°46'45,8841"
Projeção: UTM	N (m)	7018209,296
Fuso: 22 SUL	E (m)	720464,468
Meridiano Central: -51	Altitude elipsoidal: h (m)	13,450
Fonte: Modelo Geoidal - MAPGEO2015	Altitude ortométrica: H (m)	13,150
Ponto visado/referencia:	Ondulação Geoidal:	0,30
	Precisões SIGMA	Lat:0,002 Long:0,006 Z:0,011

FOTO DE LOCALIZAÇÃO E DE DETALHE



Descrição e Itinerário: Ponto instalado (marco de concreto com chapinha) localizado ao lado do acesso a Silvio Rampelotti, na estrada Geral Laranjeira

Croqui/Imagem (fonte google):



Executado por: Mailon de Moura

CFT: 02821191081



LEVANDO O MUNDO FÍSICO AOS DADOS DIGITAIS

voetopo.com.br | @voetopo

Identificação do marco: MVA-003	Data: Abril/2025	Localidade: VIA MAR - SOTEPA
Material: Marco de Concreto c/ placa	Equipamento	SPECTRA GNSS SP60
Datum: Sirgas2000	Latitude	- 26°55'09,6751"
Elipsóide: EGM96	Longitude	- 48°47'18,8912"
Projeção: UTM	N (m)	7020577,740
Fuso: 22 SUL	E (m)	719595,061
Meridiano Central: -51	Altitude elipsoidal: h (m)	5,130
Fonte: Modelo Geoidal - MAPGEO2015	Altitude ortométrica: H (m)	4,820
Ponto visado/referencia:	Ondulação Geoidal:	0,31
	Precisões SIGMA	Lat:0,002 Long:0,004 Z:0,007

FOTO DE LOCALIZAÇÃO E DE DETALHE



Descrição e Itinerário: Ponto instalado (marco de concreto com chapinha) localizado na Rua Bonifacio Rocha, em frente a Borracharia

Croqui/Imagem (fonte google):



Executado por: Mailon de Moura

CFT: 02821191081



LEVANDO O MUNDO FÍSICO AOS DADOS DIGITAIS

voetopo.com.br | @voetopo

Identificação do marco: MVA-004	Data: Abril/2025	Localidade: VIA MAR - SOTEPA
Material: Marco de Concreto c/ placa	Equipamento	SPECTRA GNSS SP60
Datum: Sirgas2000	Latitude	- 26°52'27,4387"
Elipsóide: EGM96	Longitude	- 48°47'08,9266"
Projeção: UTM	N (m)	7025566,512
Fuso: 22 SUL	E (m)	719957,344
Meridiano Central: -51	Altitude elipsoidal: h (m)	6,220
Fonte: Modelo Geoidal - MAPGEO2015	Altitude ortométrica: H (m)	5,910
Ponto visado/referencia:	Ondulação Geoidal:	0,31
	Precisões SIGMA	Lat:0,002 Long:0,005 Z:0,008

FOTO DE LOCALIZAÇÃO E DE DETALHE



Descrição e Itinerário: Ponto instalado (marco de concreto com chapinha) localizado na SC-412, rodovia Jorge Lacerda, em frente a Igreja

Croqui/Imagem (fonte google):



Executado por: Mailon de Moura

CFT: 02821191081



LEVANDO O MUNDO FÍSICO AOS DADOS DIGITAIS

voetopo.com.br | @voetopo

Identificação do marco: MVA-005	Data: Abril/2025	Localidade: VIA MAR - SOTEPA
Material: Marco de Concreto c/ placa	Equipamento	SPECTRA GNSS SP60
Datum: Sirgas2000	Latitude	- 26°50'52,9437"
Elipsóide: EGM96	Longitude	- 48°48'02,7297"
Projeção: UTM	N (m)	7028500,875
Fuso: 22 SUL	E (m)	718522,709
Meridiano Central: -51	Altitude elipsoidal: h (m)	5,890
Fonte: Modelo Geoidal - MAPGEO2015	Altitude ortométrica: H (m)	5,520
Ponto visado/referencia:	Ondulação Geoidal:	0,37
	Precisões SIGMA	Lat:0,002 Long:0,005 Z:0,008

FOTO DE LOCALIZAÇÃO E DE DETALHE



Descrição e Itinerário: Ponto instalado (marco de concreto com chapinha) localizado na BR-470, lado direito sentido Blumenau, no início da estrada de acesso antes do elevado/ponte.

Croqui/Imagem (fonte google):



Executado por: Mailon de Moura

CFT: 02821191081



LEVANDO O MUNDO FÍSICO AOS DADOS DIGITAIS

voetopo.com.br | @voetopo

Identificação do marco: MVA-006	Data: Abril/2025	Localidade: VIA MAR - SOTEPA
Material: Marco de Concreto c/ placa	Equipamento	SPECTRA GNSS SP60
Datum: Sirgas2000	Latitude	- 26°47'48,5839"
Elipsóide: EGM96	Longitude	- 48°47'59,7345"
Projeção: UTM	N (m)	7034173,890
Fuso: 22 SUL	E (m)	718703,770
Meridiano Central: -51	Altitude elipsoidal: h (m)	6,040
Fonte: Modelo Geoidal - MAPGEO201	Altitude ortométrica: H (m)	5,600
Ponto visado/referencia:	Ondulação Geoidal:	0,44
	Precisões SIGMA	Lat:0,002 Long:0,003 Z:0,009

FOTO DE LOCALIZAÇÃO E DE DETALHE



Descrição e Itinerário: Ponto instalado (marco de concreto com chapinha) localizado na estrada geral da Garuva, após o pontilhão, próximo ao acesso, no interior do município de Luis Alves.

Croqui/Imagem (fonte google):



Executado por: Mailon de Moura

CFT: 02821191081



LEVANDO O MUNDO FÍSICO AOS DADOS DIGITAIS

voetopo.com.br | @voetopo

Identificação do marco: MVA-007	Data: Abril/2025	Localidade: VIA MAR - SOTEPA
Material: Marco de Concreto c/ placa	Equipamento	SPECTRA GNSS SP60
Datum: Sirgas2000	Latitude	- 26°46'16,2164"
Elipsóide: EGM96	Longitude	- 48°47'59,6770"
Projeção: UTM	N (m)	7037016,848
Fuso: 22 SUL	E (m)	718754,577
Meridiano Central: -51	Altitude elipsoidal: h (m)	11,350
Fonte: Modelo Geoidal - MAPGEO2011	Altitude ortométrica: H (m)	10,890
Ponto visado/referencia:	Ondulação Geoidal:	0,46
	Precisões SIGMA	Lat:0,002 Long:0,004 Z:0,010

FOTO DE LOCALIZAÇÃO E DE DETALHE



Descrição e Itinerário: Ponto instalado (marco de concreto com chapinha) localizado na rodovia Leonardo Martendal - SC-414, ao lado esquerdo da via sentido ao município de Luis Alves. Proximo a

Croqui/Imagem (fonte google):



Executado por: Mailon de Moura
CFT: 02821191081

B ESTUDO GEOLÓGICO

B. ESTUDO GEOLÓGICO

1 – Caracterização geológica da área em estudo

A caracterização geológica se refere à análise da área regional que abrange todo o corredor e suas regiões próximas, envolvendo uma área mais ampla para obter um contexto geológico mais abrangente. Esse estudo inclui a avaliação de unidades geológicas que podem estar presentes em novas versões dos corredores, considerando prováveis modificações no traçado fornecido inicialmente pelo EVTA.

1.1 - Província Mantiqueira

A Província Mantiqueira (Almeida et al., 1981), ou Sistema Orogênico Mantiqueira (Heilbron et al., 2004), consiste em uma faixa alongada que se estende do sul da Bahia até o Uruguai, com orientação NNE–SSW ao longo da costa atlântica, com aproximadamente 3000 km de comprimento e 400 km de largura. O embasamento do Sistema Mantiqueira compõe rochas associadas aos ciclos Jequié (2,7 - 2,6 Ga) e transamazônico (2,2 - 2,0 Ga) (Hasui et al., 2012). Esse sistema representa o registro de processos do Ciclo Brasileiro, e abrange unidades formadas em ambiente continental e em ambiente oceânico. Sua evolução está relacionada à fragmentação do Supercontinente Rodínia e à abertura de oceanos, seguidas de convergências que resultaram na reaglutinação dos continentes no Supercontinente Gondwana. Na fase final, ao término do Ciclo Brasileiro (Ordoviciano Superior), ocorreu o colapso gravitacional e a exumação do orógeno, resultando em um ambiente de estabilização intraplaca (Hasui et al., 2012).

O Sistema Orogênico Mantiqueira foi segmentado por Almeida e Hasui (1984) em três porções: setentrional, central e meridional. A porção setentrional corresponde ao orógeno Araçuaí, no segmento central têm-se as faixas móveis Ribeira, Apiaí e a zona de interferência com o Orógeno Brasília, enquanto o meridional constitui-se dos orógenos Dom Feliciano e São Gabriel (Heilbron et al., 2004), conforme ilustra a Figura 1.

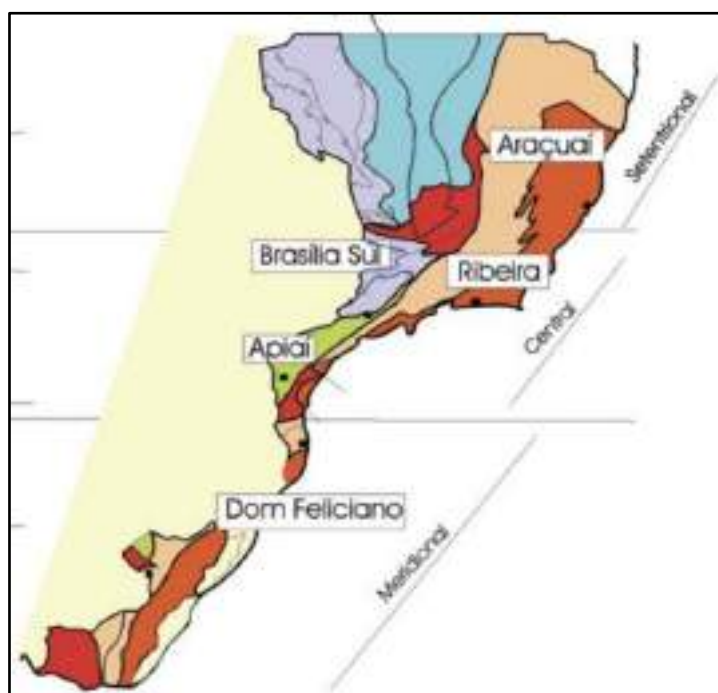


Figura 1 – Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira entre segmento setentrional, central e meridional. As cores roxo e laranja indicam os terrenos que alojam os arcos magmáticos neoproterozóicos (Heilbron et al. 2004)

O Cinturão Dom Feliciano (Fragoso-Cesar, 1980), constitui o orógeno meridional da Província Mantiqueira, que se estende desde o norte de Santa Catarina até o Uruguai, com direção alongada NE-SW, abrangendo uma faixa de cerca de 1200 km em comprimento, com uma largura média de aproximadamente 150 km (Basei, 1985). É limitado a norte pelo Complexo Granulítico de Santa Catarina, a oeste e sul pelas rochas da Bacia do Paraná (BP) e a leste pelo Oceano Atlântico. Basei et al (2000) divide o CDF em três segmentos: a noroeste, cinturão de bacias de antepaís; porção central referente a cinturão de xistos e rochas vulcano-sedimentares metamorfizadas em fácies xisto verde a anfíbolito, com as unidades Brusque (SC), Porongos (RS) e Lavelleja (Uruguai); e sudeste com o cinturão de granitoides, de suítes graníticas cálcio-alcálicas a alcalinas, que compreendem aos batólitos Florianópolis (SC), Pelotas (RS) e Aiguá (Uruguai) com idades em torno de 600 Ma (Basei et al., 2010).

O CDF é compartimentado geograficamente entre Escudo Catarinense, localizado em Santa Catarina, Escudo Sul Riograndense, no Rio Grande do Sul e Escudo Uruguaio, no Uruguai.

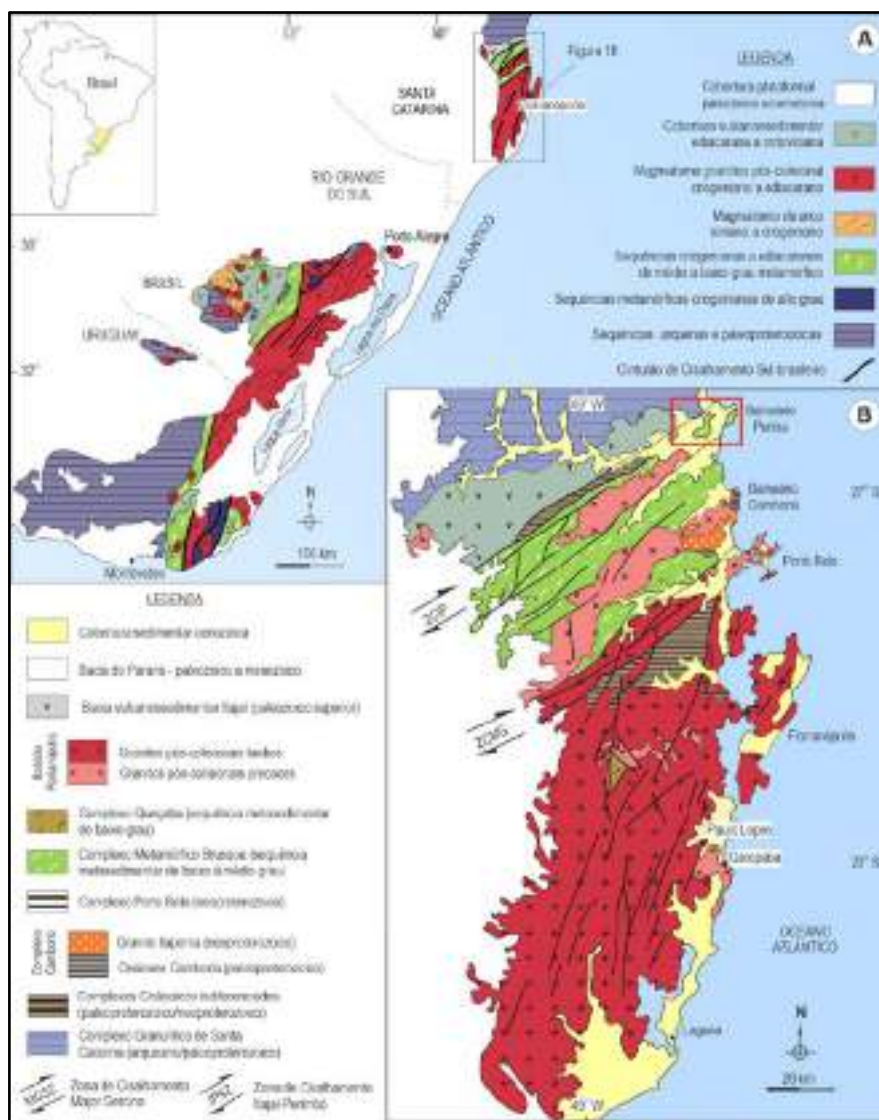


Figura 2 – A) Mapa geológico do Cinturão Dom Feliciano. B) Unidades geológicas e principais características tectônicas do Escudo Catarinense, indicando a área mapeada na porção norte do estado. Modificado de DeToni (2020).

1.2 – Escudo Catarinense

O Escudo Catarinense constitui a porção norte do Cinturão Dom Feliciano, localizado no Estado de Santa Catarina. Essa região foi parte do Supercontinente Gondwana, que consistia em blocos cratônicos cercados por cinturões móveis do ciclo Brasileiro/Pan-Africano (Mallmann et al., 2007). O Escudo Catarinense (EC) é composto pela Complexo Granulítico de Santa Catarina (Basei et al., 1998a) de idade paleoproterozoica e pelo Cinturão Dom Feliciano de idade neoproterozoica (Fragoso-Cesar, 1980; Bitencourt e Nardi, 2000), separados por zonas de cisalhamento.

As rochas paleoproterozoicas ocorrem no Complexo Granulítico de Santa Catarina e no Complexo Camboriú, enquanto as rochas neoproterozoicas incluem o Cinturão Dom Feliciano, este sendo composto pelo Complexo Metamórfico Brusque, Batólito Florianópolis e pelas bacias sedimentares neoproterozoicas-cambrianas do Itajaí e de Campo Alegre (Guadagnin et al., 2010).

Basei (1985), divide o EC em três grandes domínios tectônicos, caracterizados por associações litológicas distintas e limitados por lineamentos de expressão regional, como a Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó (ZCIP) e Zona de Cisalhamento Major Gercino (ZCMG). De norte a sul, estes domínios são denominados de Externo, Intermediário e Interno.

O Domínio Externo compreende a porção norte do Escudo Catarinense, limitado a sul pela Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó. As unidades deste domínio são o Complexo Granulítico de Santa Catarina (CGSC), a Bacia do Itajaí e a Bacia de Campo Alegre. O Domínio Intermediário, situado entre a Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó e a Zona de Cisalhamento Major Gercino, é composto por rochas metamórficas do Complexo Brusque, do Complexo Camboriú e por granitóides intrusivos. Já o Domínio Interno, se situa a sul da Zona de Cisalhamento Major Gercino e abrange as rochas graníticas neoproterozoicas com orientação E-NE do Batólito Florianópolis e também as rochas mais antigas da Formação Queçaba e do Complexo Águas Mornas (Basei, 1985)

1.3 – Zona de cisalhamento Itajaí-Perimbó

A Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó (ZCIP) foi reconhecida primeiramente por Silva e Dias (1981), sendo classificada como Lineamento Itajaí-Gaspar/Perimbó, uma zona de deslocamento lateral rúptil submetida a duplo regime tensional/compressional em uma faixa de aproximadamente 15 km de largura de rochas miloníticas desde o município de Gaspar até as praias de Penha demarcando o limite entre o Complexo Metamórfico Brusque e a Bacia do Itajaí em NE-SW.

Posteriormente, Basei e Hawkesworth (1993) caracterizaram o Lineamento Perimbó como tendo características de falha inversa na sua extensão, sendo o movimento do topo para noroeste responsável pelo cavalgamento da faixa metamórfica de baixo grau sobre a Bacia do Itajaí.

Segundo Rostirolla et al. (1992), a ZCIP possui duas fases de deformação. A primeira fase está relacionada à deformação tardi-colisional do cinturão Dom Feliciano, com compressão SE/NW, ocasionando falhas reversas, dobras assimétricas e um sistema conjugado de falhas transcorrentes. Conforme evoluiu a convergência, a rotação do

campo de tensões proporcionou uma obliquidade durante o transporte tectônico, cuja cinemática seguiu um caráter reverso dextral, definida por zonas cataclásticas sigmoidais, lineações de fibras de quartzo, degraus e estrias de deslizamento. A segunda fase de deformação constitui uma reativação distensional das estruturas da primeira fase, com um caráter transcorrente rúptil. No mapa geológico da Bacia do Itajaí de Rostirolla et al. (1992) a zona é indicada como falha inversa e lateral direita, fazendo contato com a Faixa Ribeirão da Prata na região SW de Gaspar.

No mapa de detalhe da região da Mina Ribeirão da Prata (região de Nova Rússia) de Biondi et al. (1992), a Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó é caracterizada como sendo uma faixa cisalhada com 200 a 250m de largura, marcando o contato entre conglomerados da Bacia do Itajaí (a NW) e o Complexo Metamórfico Brusque (a SE). A Faixa Ribeirão da Prata é denominada Zona Rúptil Itajaí-Gaspar, com movimento lateral direito. Ademais, Biondi et al. (1992) destaca a que a faixa hospeda mineralizações pós-tectônicas de Pb-Zn em com idade Pb-Pb estimada em 534 Ma (ID-TIMS em galena) (Rocha et al., 2005) na região de Nova Rússia em granitoides da Faixa Ribeirão da Prata.

No mapa geológico da Folha Botuverá (Caldasso et al., 1995) a Zona de Cisalhamento é cartografada como falha oblíqua inversa em sua fase final, com o Grupo Brusque cavalgando a Bacia do Itajaí, com movimento no sentido NW, evidenciado por gnaisses granulíticos com foliação milonítica paralela à direção geral N70°E a E-W.

Rostirolla et al. (2003) consideram que a ZCIP se desenvolveu como cavalgamento oblíquo (lateral direito e inverso) no Ciclo Brasileiro, e foi reativada como falha normal oblíqua e de rejeito direcional lateral esquerdo no Paleozoico, afetando rochas da Bacia do Paraná. Estes autores mostram evidências da influência da zona de cisalhamento nas formações Rio Bonito, Serra Alta e Teresina, o que indica que a zona de cisalhamento teve pulsos de atividade pelo menos até o Permiano tardio (~250 Ma).

Para Philipp et al. (2004) a Zona de Transcorrência Itajaí-Perimbó é uma zona transcorrente dúctil de alta deformação, com disposição subvertical e movimentação lateral direita.

Em Basei et al. (2011) são apresentadas cinco seções geológicas NW-SE transversais à Bacia do Itajaí, nestas, a Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó é uma zona de falhas inversas, que resultam no transporte tectônico de SE para NW e o cavalgamento do Grupo Brusque e o Complexo São Miguel sobre a borda SE da Bacia.

No contexto da Província Mantiqueira (Almeida et al., 1981), a Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó é o limite norte do Cinturão Dom Feliciano, caracterizada como uma zona de sutura que separa dois blocos tectônicos do terreno Brusque e Luís Alves (Basei et al. 2000, 2005, 2008, 2011). Para Bruno et. al (2018) a colisão oblíqua entre os dois blocos resultou no desenvolvimento de uma transpressão dextral ao longo da ZCIP, principal limite entre os terrenos Luís Alves e Brusque evidenciado por dados aeromagnéticos, com anomalias de suscetibilidade magnética entre os terrenos e anomalias gravimétricas.

1.4 – Unidades Litológicas

1.4.1 - A4PP2 - Complexo Granulítico de SC (CGSC)

O Complexo Granulítico de Santa Catarina (CGSC) se estende por cerca de 6 mil km² fazendo parte do Cráton Luís Alves, uma importante unidade geológica do Sul do Brasil. Caracteriza-se pela presença de rochas de alto grau metamórfico, predominantemente

da fácies granulito e retrometamorfismo em fácies anfíbolito. Este Cráton é considerado um bloco crustal significativo, formado por suítes TTG (tonalito-trondhjemitogranodiorito), rochas máficas ultramáficas e paragnaisses, cuja origem remonta ao Neoarqueano e Paleoproterozóico (Hartmann, 1979; Passarelli et al., 2018).

As rochas do CGSC são o resultado de uma complexa evolução geológica que inclui múltiplos eventos metamórficos e magmáticos, associados aos ciclos Transamazônico e Brasileiro/Pan-Africano (Hartmann, 1979; Heller et al., 2021). Os domínios geológicos vizinhos ao CGSC incluem o Cinturão Ribeira a Norte e o Cinturão Dom Feliciano a Sul, delimitados por importantes lineamentos e zonas de cisalhamento, como a Falha Blumenau que separa o CGSC dos sedimentos cambro-ordovicianos da Bacia do Itajaí (Miyashiro, 1973). Ao Norte, o Maciço Marginal de Curitiba engloba terrenos formados e retrabalhados durante o Ciclo Orogênico Brasileiro, enquanto a região de Piên e Corupá marca a transição gradual para o Cráton Luís Alves na porção catarinense (Basei, 1985).

A proposição formal do CGSC se dá nos trabalhos de Hartmann et al. (1979) e Hartmann (1979a e 1979b) onde tal termo é designado para descrever e cartografar as rochas metamórficas de alto grau de fácies granulito e anfíbolito da porção norte do Estado de Santa Catarina. Tais autores, descrevem também, como a topografia do CGSC é fortemente controlada por falhas e zonas de cisalhamento a norte e a sul do complexo.

1.4.1.1 – A4PP2lao – Ortognaisses Granulíticos Luis Alves

Definidos segundo CPRM (2012) de gnaisses enderbíticos, charnoennderbíticos e trondhjemitos com enclaves máficos de gabronitos, piroxenitos e hornblenditos.

Em UFSC (2024), os ortognaisses possuem, predominantemente, bandamento centimétrico, contínuo, intercalando bandas máficas e félsicas por segregação mineral, de forma predominantemente assimétrica. Possui textura Granoblástica a nematoblástica, e mineralogia consistindo principalmente em quartzo, feldspato K, piroxênios e biotita.

1.4.1.2 – A4PP2glap – Paragnaisses Granulíticos Luis Alves

Metassedimentos representados por lentes de quartzitos a fuchsite, formações ferríferas, gnaisses kinzigíticos e calcissilicatados subordinados (CPRM, 2012).

Em UFSC (2024), os paragnaisses são quartzitos de coloração branca-esverdeada com níveis centimétricos de fuchsite e K-feldspato, caracterizando um bandamento incipiente. A rocha é composta predominantemente por quartzo com textura granoblástica fina, além de fuchsite lepidoblástica e K-feldspato caulinizado, em menores quantidades. Dessa forma a rocha foi definida como um Fuchsite-Quartzo Paragnaisse.

1.4.2 – Complexo Granito-Gnáissico-Migmatíticos no Terreno Tijucas

1.4.2.1 – PP3ycb - Complexo Camboriú

O Complexo Camboriú foi definido por Chemale et al. (1995) em substituição à denominação de Complexo Tabuleiro (Shulz Jr. & Albuquerque, 1969), considerada inadequada devido à dominante exposição de granitoides brasileiros na área-tipo. Chemale et al. (1995) consideram este complexo como dominado por uma associação tipo TTG metamorfisada na fácies anfíbolito médio a superior, apresentando uma distinta composição bimodal com abundantes inclusões máficas toleíticas, equivalentes a

anfíbolitos parcialmente assimilados. Este complexo é constituído também por gnaisses, migmatitos, granitoides e rochas máficas. As rochas migmatizadas formam corpos de direção NE-SW em meio a uma diversidade de granitos que comumente as cortam (Lopes, 2008).

Segundo CPRM (2012) o Complexo Camboriú é definido por associação litológica entre rochas bandadas a finamente laminadas, compreendendo ortognaisses tonalíticos a granodioríticos, anfíbolitos e paragnaisses migmatíticos, sucessivas fases de injeções graníticas e leucograníticas de espessura milimétrica a decamétrica, concordantes ou não com a estrutura principal; bandamentos de fluxo ígneo ou metamórfico de fácies anfíbolito médio a superior, originalmente subhorizontal; termos ígneos bandados contêm abundantes xenólitos de gnaisses quartzo-feldspáticos, anfíbolíticos, calcissilicáticos e pelíticos.

1.4.2.2 – PP2yrp - Complexo Ribeirão da Prata

Descrita por Silva e Dias (1981) como uma faixa de gnaisses granulíticos indiferenciados e cataclados, que faz contato tectônico com a Bacia do Itajaí e contato concordante ou difuso com os “xistos cataclásticos” do CMB.

Borba e Lopes (1983) consideram que a Faixa Ribeirão da Prata (FRP) é uma zona de intensa granitogênese, constituída por gnaisses, granitos de anetexia, riolitos, rochas metassedimentares, rochas piroclásticas e clatacasitos. Estes autores interpretam a faixa como sendo a borda do Complexo Granulítico Santa Catarina retrabalhada no neoproterozoico.

A CPRM (2012) Caracteriza a unidade como Migmatitos estromáticos com biotita gnaisses e anfíbolitos gnaisses máficos como constituintes principais do mesossoma. Leucossoma composto por bandas centimétricas de leucogranitos róseos foliados. São comuns corpos de gnaisses máficos, anfíbolitos e matagabros, bem como de granitoides róseos deformados.

1.4.3 – Complexo Metamórfico Brusque

Corresponde a uma sequência supracrustal neoproterozoica de natureza vulcanossedimentar, dobrada e metamorfisada na fácies xistos verdes inferior a médio (zona da granada) (Iglesias et al., 2011).

Delimita para o Grupo Brusque a fase rifte no Toniano (940-840 Ma) e a principal sedimentação por volta de 640 Ma, como demonstra as idades de rochas vulcânicas ácidas intercaladas com a sequência. Em 600 ± 10 Ma três suítes graníticas, a São João Batista, Valsungana e Nova Trento, são alocadas, designando um Clímax Metamórfico. Assim, é sugerido que o Grupo Brusque se desenvolveu em uma bacia peri-cratônica separada do arco magmático de Florianópolis – Pelotas – Aiguá pelo Oceano Adamastor, sendo justaposto em torno de 600 Ma, quando o Grupo Brusque colidiu com o Batólito Florianópolis.

Basei (1985) interpreta, a partir de dados isotópicos Pb-Pb e Sm-Nd em rocha total, que a granitogênese envolvida está relacionada com uma subducção do tipo A, sendo as evidências de uma subducção do tipo B não presentes no Estado de Santa Catarina. Basei descreve 4 fases de deformação, sendo a 2ª fase a responsável pela foliação dominante NE-/SW do Grupo, também com o maior pico termal e a instalação dos Granito Guabiruba.

Basei et al. (2011), classifica as rochas supracrustais do Grupo Brusque em três formações principais: Formação Rio Oliveira (fase rifte, unidade metavulcânica), Formação Rio da Areia (metavulcânica e carbonática) e Formação Botuverá (metassedimentar). Para as rochas do Complexo Metamórfico Brusque, a área de estudo é caracterizada unicamente pela presença da Formação Botuverá.

1.4.3.1 – NP1brb - Formação Botuverá

Basei et al. (2010), ao realizar o mapeamento das folhas Vidal Ramos e Brusque na escala 1:100.000, subdividiram a Formação Botuverá em diferentes litofácies, com base em suas características litológicas e metamórficas, distinguindo entre unidades de baixo a médio grau metamórfico.

1.4.3.1.1 – NP1brbp - Litofácies Pelítica

Constituída por sericita xistos com coloração cinza prateado, de granulação fina, onde pode ocorrer grafita. Os sericita xistos se caracterizam pela pouca quantidade de quartzo e predominância sobre os clorita-sericita-quartzo xistos, onde também ocorrem bandas subordinadas de quartzitos micáceos (CPRM, 2012).

O parágrafo definidor da CPRM (2012) classifica como clorita-biotita-muscovita xistos, clorita-sericita-quartzo xistos, granada-mica-quartzo bandas de quartzitos micáceos, localmente grafita xistos, cores cinza prateada, textura lepidoblástica e granulação fina.

1.4.4 – Granitoides relacionados com o Cinturão Metavulcanosedimentar

1.4.4.1 – NP3γvs - Granito Valsungana

Esta suíte é tem maior ocorrência a sul de Gaspar, sendo intrusiva nos xistos da Formação Botuverá, próximo à borda do Cinturão Dom Feliciano. A Suíte Valsungana, apresenta-se de forma de um corpo elíptico 30x10 km, com eixo maior de direção NE-SW.

As relações de contato com os xistos da Formação Botuverá são intrusivas com geração de metamorfismo de contato e também por falhamentos NE-SW. É comum a presença de xenólitos de xistos nas bordas do granitoide (CPRM, 2012).

A nota explicativa da CPRM (2012) caracteriza essa suíte é constituída por biotita monzogranitos a sienogranitos de coloração cinza esbranquiçado a avermelhada. Apresenta estrutura maciça a orientada por fluxo magmático e textura porfirítica a porfiroide com megacristais centimétricos de microclínio róseo (2-12 cm) em uma matriz grossa com K-feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita. Os acessórios são muscovita, alanita monazita, apatita, zircão e minerais opacos. Variedades cataclásticas, tipo microbrechas, protomilonitos e milonitos podem ser encontradas próximo ao contato NW do corpo granítico a sul do município de Gaspar.

1.4.5 – Bacia do Itajaí

A Bacia do Itajaí (BI) é uma unidade vulcanosedimentar, localizada na região nordeste do estado de Santa Catarina (Dutra, 1926), possui forma assimétrica e alongada com orientação NE-SW e uma área de aproximadamente 700 km² (Basei et al., 2011). A Bacia do Itajaí apresenta contato discordante com o Complexo Granulítico de Santa Catarina

(CGSC) a norte, e a sul com o Complexo Metamórfico Brusque (CMB). A oeste é sotoposta por rochas da Bacia do Paraná e a Leste, é recoberta por sedimentos marinhos e fluviais do Quaternário (Schroeder, 2006).

Diversos autores definem a BI como uma bacia foreland, em que interpretam sua formação como decorrente da colisão entre o CGSC e o CMB durante os estágios finais do Ciclo Brasileiro (Rostirolla, 1991, Rostirolla et al., 1992, Gresse et al., 1996; Basei et al., 2011). A sequência sedimentar apresenta ampla continuidade vertical e lateral, com grande variedade de fácies e elementos arquiteturais bem preservados (Costa e Nascimento, 2015), sendo composta por espessos pacotes de conglomerados, arenitos e pelitos acumulados em ambientes de leques aluviais, deltaicos, marinho raso e profundo (turbiditos), respectivamente, que perfazem uma espessura de aproximadamente 4500 metros (Lopes, 2014).

Diversos autores classificam a Bacia do Itajaí de diferentes interpretações e nomenclaturas, conforme o quadro a seguir (Quadro 1).

Maack 1947	Salamuni <i>et al.</i> 1961	Schulz Jr. & Albuquerque 1969	Kaul 1976	Silva & Dias 1981	Krebs <i>et al.</i> 1982	Basei 1985	Appi & Souza-Cruz 1990	Appi 1991	Rostirolla <i>et al.</i> 1992; 1999	Fonseca 2004
Formação Blumenau	Formação Gaspar	Formação Baú		Formação Gaspar				T SMA		Seqüência IV
			Formação Campo Alegre		Formação Campo Alegre	Subunidade Arenítica		Sistema de Leques de Faxinal	Fan Deltas Progradacionais Unidade Faciológica D	
Riolitos e Granitos		Formação Campo Alegre			Depósitos Lacustres e Turbiditos Intercalados	Subunidade Siltítica Superior	Seqüência Superior	TST	Leque Distal	Seqüência III
Formação Gaspar	Formação Garcia		Formação Garcia	Formação Campo Alegre		Subunidade Siltico Arenítica	Subaquosa	Plataforma Neisse	Depósitos Bacinais	
Formação Ibirama		Formação Garcia				Subunidade Arenítica Ritmica	Bacinal	TSMB	Turbiditos Distais	Seqüência II
						Subunidade Arenítica Ritmica	Formação Campo Alegre	Sistema Turbidítico de Apituna	Complexo Turbidítico	
						Subunidade Arenítica Ritmica		Sistema Plataformar Ibirama	Paraseqüências Rasas	Seqüência I
						Subunidade Arenítica Ritmica	Seqüência Inferior	Sistema I	Leques Deltaicos	
						Subunidade Arenítica Ritmica	Formação Gaspar	Seqüência Inferior Gaspar	Unidade Faciológica A	
						Subunidade Arenítica Ritmica	Seqüência Continental	Sistema de Leques de Blumenau	Unidade Faciológica B	
						Subunidade Arenítica Ritmica		Sistema II	Unidade Faciológica C	

Quadro 1 – Evolução das colunas estratigráficas propostas para a Bacia do Itajaí (Schroeder, 2006).

Para a categorização das unidades da Bacia do Itajaí, foi definido o modelo proposto por Appi (1991). Com estudos baseados nos conceitos de estratigrafia de seqüências, individualizaram as unidades litoestratigráficas da Bacia do Itajaí em: Seqüência Gaspar (base) e Seqüência Garcia (topo). A base teria sido formada em planícies de rios entrelaçados, compondo um sistema retrogradante associado a leques aluviais e deltaicos (Rostirolla, 1991; Rostirolla et al., 1992). A Formação Garcia que compreende a maior espessura sedimentar da BI, composta sequencias de turbiditos, sucedidos de ambientes de plataforma, sucedidos de leques deltaicos progradantes. teria se formado na porção central da bacia, composta de arenitos e pelitos turbidíticos. Rostirolla, seguida por et al., (1992; 1999) preferiram compartimentar o registro estratigráfico da Bacia do

Itajaí em duas sequências (Sequência Gaspar, na base, e Sequência Garcia, no topo) (Appi, 1991).

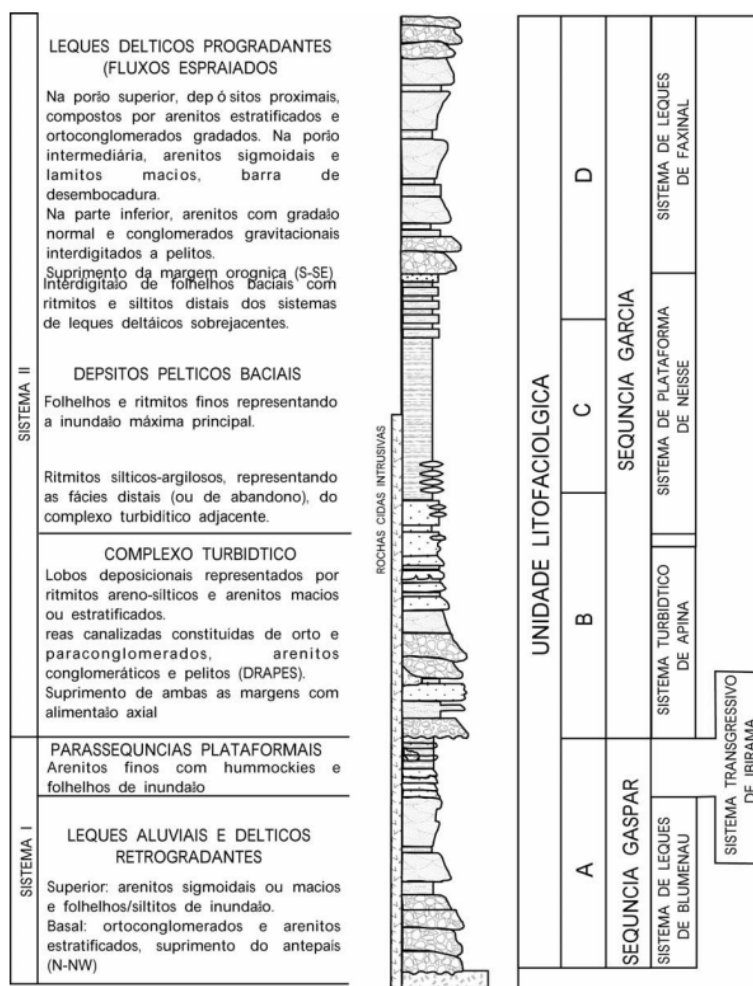


Figura 3 – Coluna estratigráfica da Bacia do Itajaí, com unidades geológicas (Adaptado de Rostirolla et al., 1999). (Guadagnin, 2009)

1.4.5.1 – Np3ijga - Formação Gaspar

A Formação Gaspar compõe a base da Bacia do Itajaí, conforme definido em (Appi, 1991) sensu Maack, 1947. Representa rochas sedimentares clásticas de coloração bordo/amarelado, com sucessões compostas por conglomerados, arenitos e pelitos associados a sistemas de leques deltaicos cascalhosos (gravelly fan deltas) com as camadas mergulhando em sentido preferencial para sul, ângulo de mergulho entre 15° a 90°, e com paleocorrentes para Sul (UFSC, 2024).

De acordo com a CPRM (2012) caracteriza-se por arenitos e conglomerados com tufo vulcânicos associados e siltitos subordinados. Arenitos bordô, fino a médio, arcoseano, mal seccionado, estratificação cruzada acanalada de baixo ângulo e pequeno porte. Intercala conglomerados polimíticos com matriz arcoseana. Ocorrem em ambas bordas da Bacia, com clastos de gnaisses, quartzitos, milonitos, mica-xistos e fragmentos de diversos litótipos da Bacia do Itajaí.

1.4.5.2 – NP3ij - Formação Garcia

A Formação Garcia compõe a seção de topo das sequências sedimentares da Bacia do Itajaí, conforme definido em (Appi, 1991) sensu Maack, 1947. Possui uma extensa sucessão sedimentar variando desde sistemas turbidíticos, pelíticos bacinais até leques deltaicos progradantes. Representando rochas sedimentares clásticas com sucessões variando de conglomerados, arenitos, heterolitos finos siltitos e argilitos. As camadas possuem um sentido de mergulho preferencial para sul, e um ângulo de mergulho alto/muito alto. (UFSC, 2024). Segundo dados da CPRM (2012), a Formação Garcia foi segmentada em litofácies, sendo identificadas na área de mapeamento: Litofácies arenito e conglomerado; e Litofácies siltito e argilito.

1.4.5.2.1 – NP3ijgs - Litofácies siltito e argilito

Definido pela CPRM (2012), é composta por camadas espessas de siltitos, intercaladas com níveis de argilitos de coloração avermelhada, com estrutura maciça, laminação planoparalela. Ocasionalmente podem ocorrer conglomerados finos no topo das camadas de siltitos, em contato erosivo.

1.4.5.2.2 – NP3ijga - Litofácies arenito e conglomerado

Caracterizada conforme CPRM (2012) pela ocorrência de arenitos de coloração vermelho tijolo a violáceo, mal selecionados, com estratificações cruzada acanalada e cruzada cavalgante. Apresenta intercalações de camadas conglomeráticas estreitas e lâminas de siltitos maciços.

1.4.6 – Coberturas Sedimentares do Cenozoico

1.4.6.1 – Q2ca - Depósito Colúvio-Aluvionares

Os depósitos coluvionares ou gravitacionais de massa, consistem em queda de rochas, deslizamentos, escorregamentos e fluxos de detritos e lama. Ocorrem associados com gradientes íngremes, geralmente localizados nas bases das encostas.

De acordo com Horn Filho (2014), os depósitos gravitacionais de massa geralmente ocorrem associados aos elúvios, encaixados nas paleodrenagens e drenagens dos maciços ou em elevações isoladas em meio aos depósitos recentes da planície costeira.

Na planície costeira do setor norte do Estado de SC, esses depósitos ocorrem predominantemente próximos ao Embasamento Indiferenciado. Horn Filho (2014) identificou que os Depósitos Colúviais são compostos por uma mistura de sedimentos arenosos, siltosos e argilosos, com grãos imaturos e angulosos, além de clastos de granulometria variável, que vão desde grânulos até matações. Predominam fragmentos de granitos, gnaisses, ultramáficos, basaltos, arenitos, siltitos e diabásios.

As rampas colúviais apresentam planos localmente abaulados, rampas de declividades diversas e, mais raramente, formas tabulares e baixos platôs (Horn Filho, 2014).

Texturalmente os depósitos consistem em depósitos de cascalhos matriz suportados. A matriz é lamosa e os clastos apresentam tamanhos variados, variando de grânulos a matações. Em sua maioria, os clastos são angulosos, dado ao pouco retrabalhamento e a proximidade dos depósitos com a área fonte (UFSC, 2024).

Os depósitos Aluviais – Fluviais correspondem a Canais Fluviais e Planície de inundação

Os depósitos de planície de inundação estão localizados em áreas de baixadas, frequentemente alagadas, situadas próximas às margens de cursos d'água ativos e cursos que foram retificados. Esses depósitos compreendem sedimentos lamosos, de coloração cinza, com abundância de matéria orgânica. Esses depósitos estão relacionados com as áreas externas aos canais fluviais, como córregos, lagoas e rios, sendo formados em períodos de enchentes onde o fluxo excede os limites dos canais e extravasam para a superfície (UFSC, 2024).

Os depósitos de canais são compostos por sedimentos mais grossos, areias com grande variabilidade, seixos e matações. Segundo UFSC 2024 a região apresenta ações antrópicas muito acentuadas, e a morfologia natural dos corpos hídricos foi bastante modificada, quer seja pela atividade agropecuária ou pela urbanização, o que incorreu em remobilização e retilinização destes canais.

2 – Caracterização pedológica da rodovia

A classificação pedológica da área de estudo foi baseada no mapa pedológico do IBGE (2017), escala 1:250000. Os sedimentos cenozoicos da região citados anteriormente, como os depósitos de planícies de inundação e colúvios, fornecem os materiais de origem que dão suporte à formação dos solos locais. Esses processos sedimentares resultam em diferentes litologias superficiais que, com o tempo e a ação dos fatores pedogenéticos, originaram os esses diferentes tipos de solos predominantes na área. Os tipos de solo expostos ao longo do corredor 4, do projeto Viamar são classificados pedologicamente como: Argissolo Vermelho-Amarelo; Cambissolo Háptico; e Gleissolo Háptico

2.1 - Argissolos vermelho-amarelo

O solo tem presença de horizonte diagnóstico B textural, apresentando acúmulo de argila em profundidade devido à mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo. Apresentam frequentemente, mas não exclusivamente, baixa atividade da argila, podendo ser alíticos (altos teores de alumínio), distróficos (baixa saturação de bases) ou eutróficos (alta saturação de bases), sendo normalmente ácidos.

2.2 - Cambissolos Hápticos

Solos pouco desenvolvidos, que ainda apresentam características do material originário (rocha) evidenciado pela presença de minerais primários. São definidos pela presença de horizonte diagnóstico B incipiente (pouco desenvolvimento estrutural) apresentando baixa (distróficos) ou alta (eutroficos) saturação por bases, baixa a alta atividade da argila, segundo critérios do SiBCS (Embrapa, 2006).

São solos de fertilidade natural variável. Caracterizados principalmente com relevos e declives acentuados, a pequena profundidade e a ocorrência de pedras na massa do solo.

Correlacionando o corredor da rodovia com o solo e mapa geológico, observa-se que os Ortognaisses do Complexo Granulítico de SC, estão associados com Argilossolos Vermelho-Amarelo, Rochas da Bacia do Itajaí com Cambissolo Háptico e Sedimentos Cenozoicos com Gleissolo Háptico.

2.3 - Gleissolo Háplico

Os solos desta classe encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Caracterizam-se, assim, pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica.

São definidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006) como solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei, que pode ser um horizonte subsuperficial (C, B ou E) ou superficial A. O horizonte superficial apresenta cores desde cinzas até pretas, espessura normalmente entre 10 e 50 cm e teores médios a altos de carbono orgânico.

O processo de gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido à redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila, ou ainda a precipitação de compostos ferrosos.

Podem apresentar horizonte sulfúrico, cálcico, propriedade solódica, sódica, caráter sálico, ou plintita em quantidade ou posição não diagnóstica para enquadramento na classe dos Plintossolos (Embrapa, 2006).

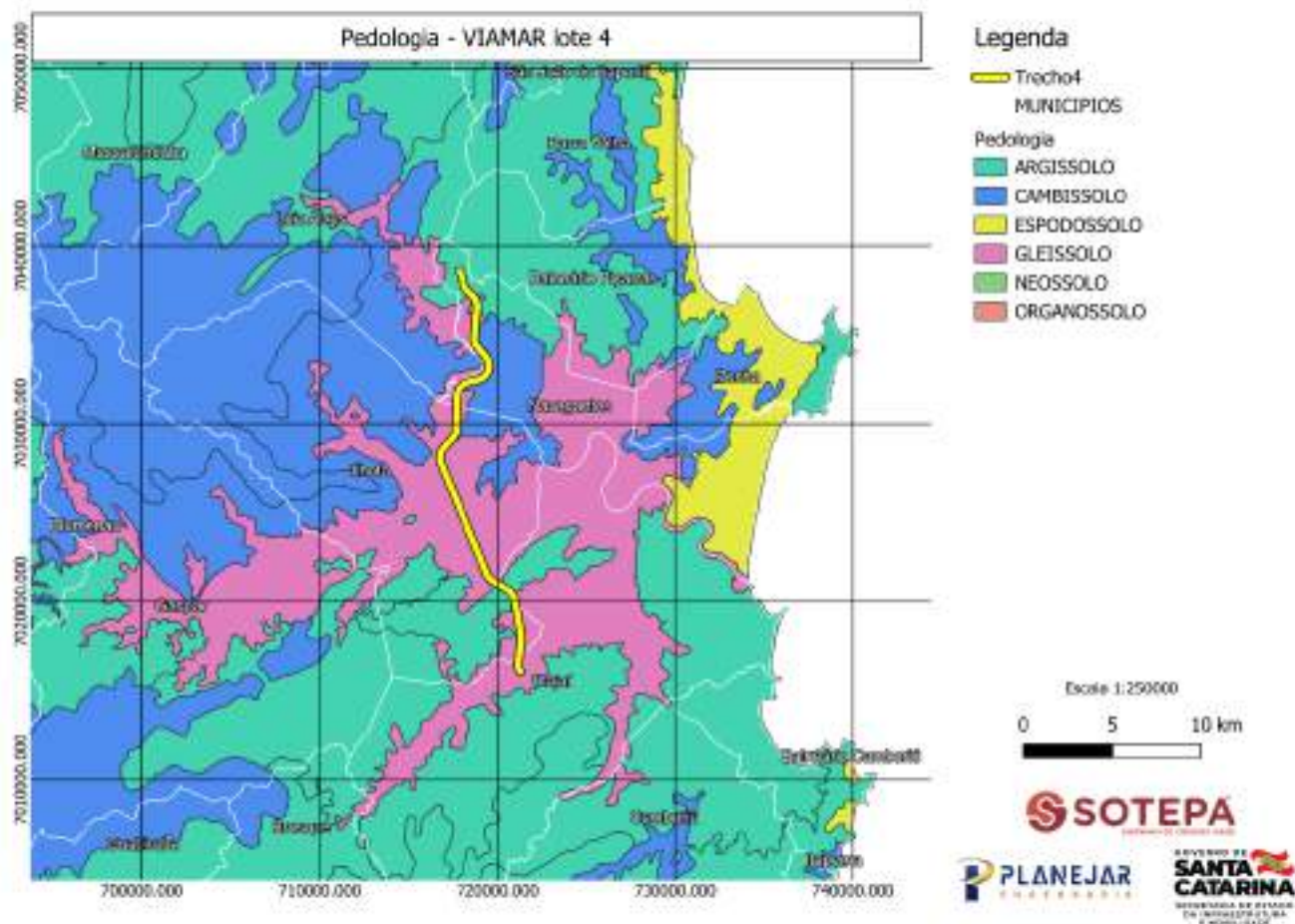


Figura 4 - Figura de localização de jazidas de areia do Lote 4. (SIGMINE, 2025)

3 – Caracterização geotécnica da rodovia

As unidades geológicas identificadas ao longo do corredor estudado e seus contornos incluem uma variedade de rochas presentes na área, como ortognaisses, granitóides, conglomerados, arenitos, siltitos, filitos e xistos, além de depósitos sedimentares cenozoicos. Essas formações apresentam idades e propriedades geológico-geotécnicas distintas.

O traçado analisado está inserido na porção leste do estado de Santa Catarina, em uma área de transição geológica entre os sedimentos cenozoicos, que se estendem do litoral até a Serra do Mar, e as rochas do embasamento cristalino.

O objetivo deste estudo é avaliar as características das rochas, do relevo e dos solos, contribuindo para a escolha de alternativas de corredor, identificação de problemas de estabilidade de taludes, determinação de locais de ocorrência e análise das propriedades dos materiais.

3.1 – Complexo Granulítico de SC:

3.1.1 – Ortognaisses

Correspondente a gnaisses ortognaisses da fácies granulitos, com estrutura bandada, com bandas intercalando centimetricamente de bandas máficas e félsicas. A textura é majoritariamente granoblástica e subordinadamente nematoblástica. A composição dos ortognaisses plagioclásios de cálcicos a sódicos, piroxênio, anfibólio, biotita, principalmente, quando submetidos a intemperização, no clima da região sul do País, os minerais supracitados se intemperizam para argila.

Ortognaisses	Horizonte C	Horizonte B
Descrição	Siltico argiloso, areno argiloso a argilo arenoso	Argilo arenoso
Espessura	3 a 5m	1 a 2m
Classificação HRB	A-2-4	A-7-5; A-7-6 e A-2-4
CBR	8 a 10%	10 a 12%
Expansão	0,5 a 3,0	0,5 a 1,5%
Inclinação taludes cortes	1:1	1:1
Altura das banquetas	8m	8m
Estabilidade do talude	Sensível à erosão	Sensível à erosão
Adequado para	Corpo aterro	Corpo aterro e camada final

Quadro 2 - Resumo das características geotécnicas dos horizontes C e B dos complexos, corpos e formações de rochas ortognaisses (EVTA, 2022).

O horizonte C do solo residual, tende de apresentar uma granulometria variável entre siltico argiloso, areno argiloso a argilo arenoso. No horizonte B tende a predominar solo argilo arenoso (EVTA, 2022).

Nos ortognaisses, os solos derivados desse tipo de rocha, correspondentes ao horizonte C – também chamados de solos saprolíticos ou solo residual jovem, têm sido amplamente utilizados na pavimentação de rodovias nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, especialmente em áreas próximas ao litoral, devido à alta frequência de ocorrência e à grande disponibilidade desses materiais.

Esse tipo de solo é empregado como reforço de subleito ou sub-base. Contudo, em muitos trechos onde esse material foi aplicado, os pavimentos apresentaram problemas prematuros, como trincas no revestimento ainda na fase de execução.

Observou-se que, ao ser incorporado à estrutura do pavimento, esse material provoca elevadas deflexões, deformações específicas de tração e diferenças de tensões na face inferior do revestimento, resultando em falhas precoces por fadiga (EVTA, 2022).

Em âmbito nacional, a utilização desse material causou problemas em trechos como: BR-040/RJ – Rio de Janeiro a Juiz de Fora; BR-277/PR – Paranaguá a Curitiba; e BR-116/RS – Travessia do Rio Guaíba, em Porto Alegre. Em todos esses casos, o reforço foi feito com solo saprolítico, sobre o qual foi aplicada uma base composta por brita graduada, solo-brita ou uma mistura com adição de cinza de carvão (EVTA, 2022).

Ensaio triaxiais de carga repetida realizados com solos dessas jazidas demonstraram um comportamento resiliente. Na dissertação de Nilton Valle (1994), os resultados desses ensaios, utilizando material da jazida de Pomerode, em Santa Catarina, empregada no trecho analisado pelo autor, mostraram que o solo se enquadra no Grupo I da classificação de Preussler e Medina (1981). Esse grupo corresponde a solos com elevado grau de resiliência, os quais não são recomendados para utilização em estruturas de pavimentos (EVTA, 2022).

No horizonte B dos ortognaisses analisados, a maior parte dos minerais já se encontra alterada, o que elimina a problemática observada no horizonte C. Dessa forma, o horizonte B pode ser recomendado como camada final, sub-base ou até mesmo como base para pavimentos (EVTA, 2022).

Neste horizonte, a maioria dos minerais do gnaiss é convertida em argila, originando solos argilo-arenosos e argilo-siltosos. No horizonte B do gnaiss, predominam argilas do grupo das caulinitas, uma vez que o cálcio e o magnésio já foram lixiviados, promovendo a transformação das esmectitas presentes no horizonte C em caulinitas, que possuem menor plasticidade e expansividade (EVTA, 2022).

Quanto a estabilidade de taludes desse tipo de solos por serem siltosos e expansivos no horizonte C do ortognaisses se mostram muito sensíveis à erosão, a instabilidade se inicia com a erosão do talude, seguindo o escorregamento (EVTA, 2022).

Nos taludes de ortognaiss em rocha pode ser adotada a inclinação de 4:1 (V:H). Esta inclinação deverá ser modificada, quando a rocha mostrar intenso fraturamento e/ou alteração nos planos de falhamento (EVTA, 2022).

Em solo residual de ortognaisses, por conta da granulação siltosa do horizonte C sua sensibilidade à erosão evolui para o escorregamento do talude. Por esta razão, recomenda-se para inclinação dos taludes de cortes neste solo, de 1:1 (V:H), com altura máxima de 8 m para as banquetas, mas adotando-se 6 m (EVTA, 2022).

No horizonte B, por ser mais argiloso, tende ser menos sensível à erosão, podendo-se adotar inclinações 1:1 (V:H) para os taludes dos cortes, com 8 m para altura das banquetas (EVTA, 2022).

Quando o material apresentar bandeamento, a determinação da posição desse plano torna-se crucial para a análise da estabilidade de um talude, especialmente se sua direção for paralela ao corte e o mergulho ocorrer no mesmo sentido do talude de corte (EVTA, 2022).

Além disso, foi realizado ensaios de cisalhamento direto pela UFSC (2024), para solos residuais de ortognaisses. Conforme o item de Produtos Obtidos no Quadro 3.

3.2 - Granitoides

O estudo tem como base granitoides referentes ao batólito Florianópolis, devido aos estudos realizados pelo EVTA (2022). Trata-se de batólitos de granitoides com granulação que varia de fina a grossa, apresentando estruturas maciças e texturas que vão de equigranulares a porfíricas. Suas tonalidades geralmente variam entre róseas e acinzentadas, são caracterizados por leucogranitos, sienogranitos.

Granitoides grosseiros	Horizonte C	Horizonte B
Descrição	Areno siltoso c/ pedregulho	Argilo areno siltoso
Espessura	3 a 5m	1 a 2m
Classificação HRB	A-2-4, A-2-6, A-4, A-1-A, A-7-6	A-7-6, A-4, A-5
CBR	10 a 12%	8 a 10%
Expansão	0,5 a 1,0	0,5 a 1,5%
Inclinação taludes cortes	1:1 (V:H)	1:1 (V:H)
Altura das banquetas em solo	8m	8m
Estabilidade do talude	Sensível à erosão	Sensível à erosão
Adequado para	Corpo aterro	Corpo aterro e camada final

Quadro 3 - Resumo das características geotécnicas dos horizontes C e B dos corpos, suítes e granitoides do tipo S (Fonte: PROSUL – Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda., 2021).

No horizonte C do solo residual dos granitoides, o grau de intemperismo dependerá de suas características intrínsecas, como a granulometria. Por esse motivo, observa-se uma grande variação ao longo do horizonte, com predominância de textura areno-siltosa com pedregulho. Já no horizonte B, mais intemperizado, a fração predominante tende a ser argilosa, geralmente com características argilo-areno-siltosas.

Com base nos dados apresentados, conclui-se que o horizonte C das rochas estudadas possui um excelente potencial como jazida de solos para pavimentação. Contudo, é importante destacar que, quando os feldspatos potássicos geralmente os maiores grãos estão alterados, sua compactação pode gerar problemas. Isso ocorre porque, sob compactação ou repetidas cargas de tráfego, esses minerais tendem a se fragmentar em vários grãos ao longo de seus planos de clivagem.

Por outro lado, no horizonte B dos granitoides estudados, onde a maioria dos grãos de feldspato está completamente alterada, os problemas característicos do horizonte C não são observados. Dessa forma, o horizonte B pode ser indicado em projetos de terraplenagem como camada final, sub-base ou até base de pavimentos.

Além disso, devido à preservação parcial da textura e estrutura dos granitoides, à alteração limitada e à menor fração argilosa, o horizonte C apresenta relativa estabilidade contra escorregamentos. Para esse horizonte, recomenda-se inclinações de taludes em cortes de 1:1 (V:H). Nos casos em que os feldspatos potássicos apresentarem baixa alteração, podem ser adotadas inclinações mais suaves, como 3:2 (V:H).

O horizonte B destes granitoides estudados, devido à maior fração argilosa no solo, tende a ser mais instável.

Os granitoides estudados são maciços e não possuem direções preferenciais de fraqueza, o que confere à rocha boas condições de estabilidade em cortes. As fraturas presentes, resultantes da contração e do alívio de tensão, apresentam espaçamentos

que variam de metros a dezenas de metros, permitindo a adoção de inclinações de 4:1 (V:H) para taludes em cortes em rocha.

Além disso, a estabilidade dos cortes em rocha requer maior atenção na presença de falhamentos, que intensificam o fraturamento da rocha. A abundância de matacões e blocos representam um fator de preocupação, especialmente quando estão dispostos de forma instável na encosta.

3.3 – Complexo Metamórfico Brusque (CMB)

3.3.1 – Formação Botuverá

3.3.1.1 – Fácies Pelítica

A Fácies Pelítica da Formação Botuverá é predominantemente composta por xistos e filitos, rochas de granulometria fina, sendo comum a ocorrência de solo residual com estruturação reliquiar dessas rochas. Sua constituição é majoritariamente baseada em minerais filossilicatos, como sericita, clorita, muscovita e biotita. Esses minerais micáceos possuem uma maior suscetibilidade ao intemperismo, transformando-se principalmente em argilominerais. Em razão disso, os solos residuais da Fácies Pelítica do Complexo Metamórfico Brusque são, em geral, silto-argilosos, com uma capacidade de carga baixa a moderada.

Além disso, devido aos diversos eventos deformacionais ocorridos no Complexo Metamórfico Brusque (CMB), é possível encontrar afloramentos de rochas pouco alteradas. Com rochas com alto ângulo de mergulho das camadas.

3.4 – Bacia do Itajaí

3.4.1 – Formação Gaspar

Caracterizado de acordo com UFSC (2024) por conglomerados maciços, intercalados com arenitos mal selecionados com estratificação cruzada de baixo ângulo S1, estratificação cruzada tangencial St e arenitos maciços Sm, dispostos em camadas tabulares a lenticulares com espessuras variando de 0,2 a 1,5m. As rochas de maneira geral apresentam composição arcósea a subarcósea, de cor bordo a cinza. A Formação tem um sentido de mergulho preferencial para sul, e ângulo de mergulho variando de 15° a 45°.

Foi realizado coletas na unidade (Formação Gaspar), que consiste em solos residuais, oriundos de conglomerados matriz suportados, com clastos de tamanho reduzido e subordinadamente intercalados com arenitos conglomeráticos. As amostras coletadas variam desde um solo silte/argiloso de coloração bege avermelhado, a arenoso médio de coloração amarronzada (UFSC, 2024). Conforme ensaios de cisalhamento direto (UFSC, 2024), para solos residuais da Formação Gaspar. Conforme o item de Produtos Obtidos no Quadro 3.

3.4.2 – Formação Garcia

Conforme USFC (2024), na região a Formação Garcia se caracterizada por rochas que se apresentam predominantemente arenitos finos à médios de composição arcósea a sub-arcósea, com coloração que varia entre bordô a marrom avermelhado que estão dispostos em camadas tabulares, contendo alta concentração de k-feldspato e quartzo

e menores porções de micas, apresentando sedimentos bem selecionados e algumas vezes lentes de siltitos, além de arenitos bem silicificados com laminações horizontais (Sh), ainda se encontram siltitos de coloração bege a cinza esverdeado e heterolitos beges a avermelhados intercalando com siltitos esverdeados. Em geral os afloramentos mostram-se bastante alterados.

A Unidade da Formação Garcia, consiste em solos residuais oriundos de heterolitos finos, intercalando para siltitos. As amostras coletadas consistem em um solo residual siltoso/arenoso de coloração vermelho-amarelada. Conforme ensaios de cisalhamento direto (UFSC, 2024), para solos residuais da Formação Garcia. Conforme o item de Produtos Obtidos no Quadro 3.

3.5 – Depósitos Colúvio-aluvionares

Nos segmentos do traçado do Corredor Rodoviário Litorâneo Norte, do Estado de Santa Catarina, ocorrem em diversos trechos Sedimentos Colúvio-Aluvionares.

Os depósitos coluvionares geralmente localizados nas bases das encostas. Texturalmente os depósitos consistem em depósitos de cascalhos matriz suportados. A matriz é lamosa e os clastos apresentam tamanhos variados, variando de grânulos a matações. Em sua maioria, os clastos são angulosos, dado ao pouco retrabalhamento e a proximidade dos depósitos com a área fonte (UFSC, 2024).

Já os depósitos aluvionares, caracterizados por planícies de inundação. Associadas a áreas de baixadas, frequentemente alagadas, situadas próximas às margens de cursos d'água ativas e cursos que foram retificados. Compreendem sedimentos lamosos, representado majoritariamente por argila siltosa a argila arenosa e de forma subordinada silte arenoso a areno siltoso. Coloração Marrom avermelhado a cinza escura, com resistência normalmente mole a muito mole (EVTA, 2022).

3.6 - Produtos Obtidos

O Quadro 3 apresenta os parâmetros geotécnicos obtidos das unidades analisadas na região, incluindo coesão (kPa), ângulo de atrito ($^{\circ}$) e peso específico (kN/m^3). A análise geotécnica foi feita com o ensaio de cisalhamento direto para determinação do ângulo de atrito e coesão dos solos, já para o peso específico foi realizado o ensaio de peso específico do solo seco. Ambos os ensaios realizados no laboratório de geotecnia aplicada (LGA) da UFSC. As nomenclaturas, correspondentes as litologias, presentes na área de estudo são: AFI (Formação Gaspar); AFD (Formação Garcia); OG (Ortognaisses Luis Alves); GN (Granito Navegantes); CP (Complexo Penha); GB (Granito Bananal).

Unidade Geotécnica	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito (°)	Peso Específico (kN/m ³)
AFI-01	6,4	31,9	15,05
AFI-02	16,9	34,5	-
AFI-03	15	36	15,05
AFD-01	17,8	32,9	15,05
AFD-02	9,2	32,2	-
OG-01	18,1	23,9	14,99
OG-02	22,8	26,3	-
GN-01	13,7	37,6	15,12
GN-02	27,5	27	15,05
CP-01	22,3	27,8	15,05
CP-02	17,4	31,2	15,12
GB-01	24,9	35,3	15,05

Quadro 4 - Parâmetros geotécnicos utilizados para o cálculo de FS de cada unidade geotécnica (UFSC, 2024).

4 – Caracterização geomorfológica da área de estudo

A Carta Geomorfológica do Estado de Santa Catarina organiza os aspectos morfológicos em mosaicos estruturados por uma taxonomia que possibilita a divisão e hierarquização das áreas superficiais. Essa classificação contempla domínios morfoestruturais, regiões e unidades geomorfológicas distintas.

Os domínios morfoestruturais refletem elementos amplos da geologia, como estruturas tectônicas, arranjos estruturais de grande escala e litologias específicas. As regiões, por sua vez, estão associadas à compartimentação geomorfológica influenciada por fatores climáticos, enquanto as unidades representam o detalhamento das formas de relevo.

Com base nessa abordagem, a região do Trecho 4 apresenta padrões geomorfológicos característicos descritos pela CPRM (2024).

4.1 - Planícies de inundação – R1a

Superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos arenosos ou areno-argilosos e argilosos, bem selecionados, situados nos fundos dos vales. Apresentam gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Terrenos imperfeitamente drenados, sendo periodicamente inundáveis.

4.2 - Rampas de Alúvio/Colúvio – R1c1

Superfícies deposicionais inclinadas constituídas por depósitos de encosta, areno-argilosos a argila-arenoso, mal selecionados, em interdigitação com depósitos

praticamente planos das planícies fluviais. Ocorrem, de forma disseminada, em meio ao domínio de mar-de-morros.

4.3 - Colinas – R4a1

Relevo constituído de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas ou convexo-côncavas e topos amplos, de morfologia alongada ou arredondada, com vertentes de gradiente suave e baixas amplitudes de relevo. Apresenta, em geral, baixa densidade de drenagem com padrão dendrítico. A morfologia possui uma variação de amplitude de 20 a 50 m.

4.4 - Morros Baixos – R4a2

Relevo típico do domínio de “mares-de-morros”, constituído de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados, com moderada densidade de drenagem com padrão dendrítico ou subdendrítico. A morfologia possui uma variação de amplitude de 50 a 120 m.

4.5 - Morros Altos – R4b1

Relevo de morros de geometria convexo-côncava, francamente dissecados. Caracteriza-se por um relevo movimentado com vertentes de gradientes médios a elevados e topos arredondados e aguçados. Densidade de drenagem moderada a alta com padrão subdendrítico a treliça. A morfologia possui uma variação de amplitude de 80 a 250 m.

4.6 - Cristas Isoladas e Serras Baixas – R4b2

Relevo constituído por serras isoladas, com vertentes retilíneas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, que se destacam topograficamente relevo circunjacente. Amplitudes de relevos, gradientes elevados e paredões rochosos subverticais. A morfologia possui uma variação de amplitude de 100 a 300 m.

4.7 - Domínio Serrano – R4c1

Relevo aspecto montanhoso, muito acidentado, apresentando vertentes retilíneas a côncavas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e tálus. Alta densidade de drenagem. Predominam vertentes de gradientes elevados com ocorrência esporádica de paredões rochosos subverticais e pães-de-açúcar. A morfologia possui uma amplitude >300 m.

5 – Caracterização da hidrogeologia da área de estudo

O Estado de Santa Catarina, localizado na região sul do Brasil, apresenta uma diversidade geológica que influencia diretamente suas características hidrogeológicas. Com uma área de aproximadamente 95.730 km², o estado é composto por diversas unidades geomorfológicas e geológicas, como o embasamento cristalino, as bacias sedimentares e os derrames basálticos. Essa diversidade geológica reflete-se na ocorrência de diferentes tipos de aquíferos, que variam em termos de produtividade, capacidade de armazenamento e qualidade das águas subterrâneas.

A área para implementação da rodovia de acordo com o mapa hidrogeológico do estado de SC (CPRM, 2012), em geral apresenta dois tipos de aquíferos: Aquíferos sedimentares de baixa potencialidade (ASBP); e os Aquíferos fraturados de menor potencialidade (AFBP).

Os aquíferos sedimentares de baixa potencialidade ocorrem de dois tipos distintos. O primeiro tipo é um aquífero livre, regional e de porosidade intergranular, relacionado com sedimentos cenozoicos continentais, localmente marinhos, arenosos e argilosos. O segundo tipo é de um aquífero semi-confinado e intergranular ampliado por fraturamento, relacionado com a Bacia do Itajaí, com argilitos, folhelhos bordô intercalados com arenitos finos, referentes principalmente a Formação Garcia e subordinadamente a Formação Gaspar.

Os aquíferos fraturados de baixa potencialidade apresentam-se como um aquífero livre a semi-confinado, regional e fraturado, relacionado com gnaisses do Complexo Granulítico de SC, granitóides e granitos intrusivos do Batólito Florianópolis, e xistos do Complexo metamórfico Brusque.

As regiões de Áreas praticamente sem aquífero representa majoritariamente morros relacionados as Formações sedimentares da Bacia do Itajaí, representadas por rochas pouco alteradas.

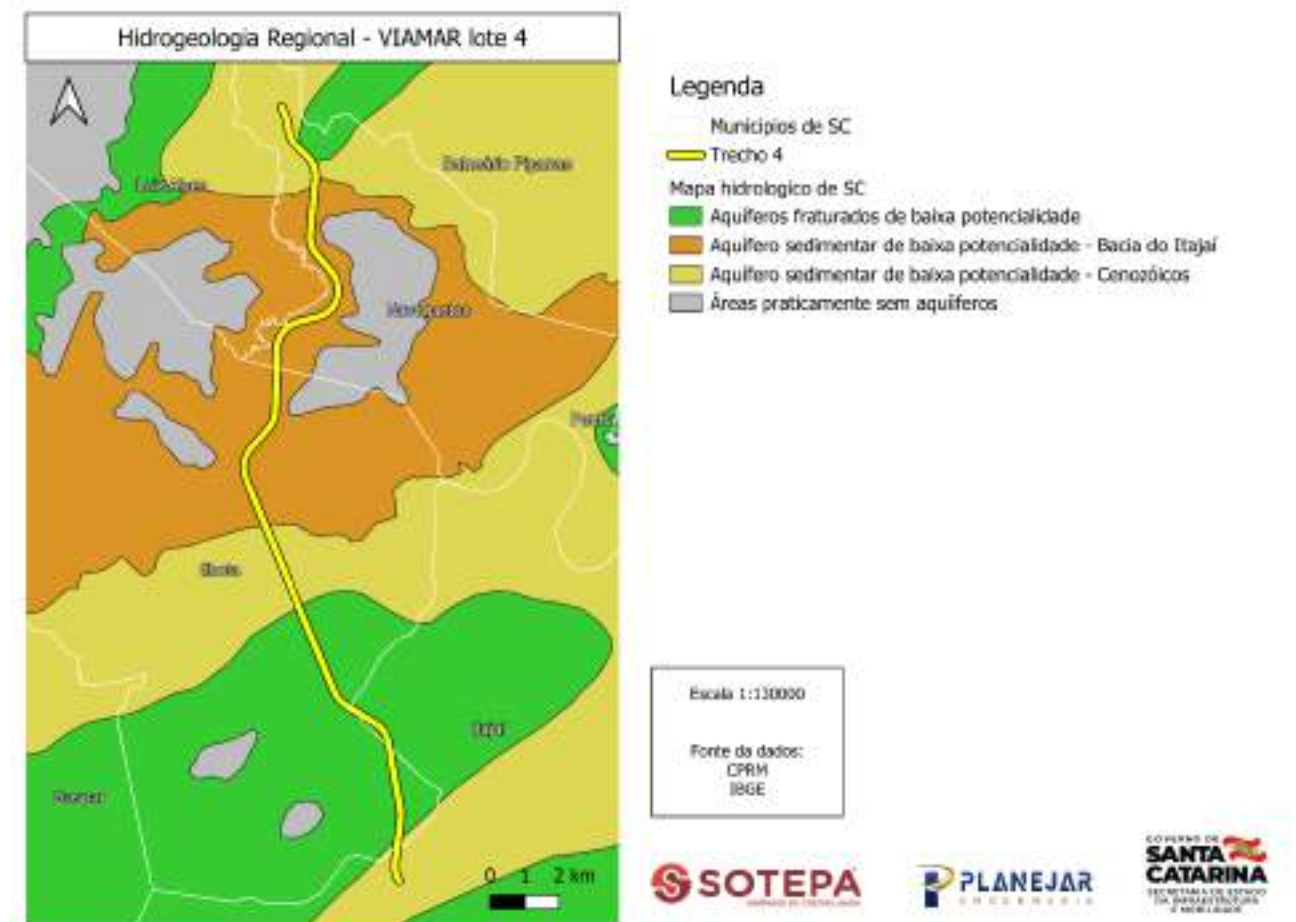


Figura 5 - Figura Hidrogeologia ao longo do Lote 4. (CPRM, 2012)

6 – Materiais de construção

No âmbito dos materiais de construção, o indispensável uso de rocha são na construção de rodovias, especialmente na forma de brita, pedra pulmão, fragmentos de rocha para enrocamentos e seus subprodutos, como seixos, areias e saibros, exige uma definição precisa das características intrínsecas dos litotipos a serem aplicados nas diferentes etapas de construção e estruturação da via.

6.1 – Lavras de rocha

Os gnaisses da fácies granulitos e granitos intrusivos representam as principais litologias para fonte de material pétreo a ser utilizado.

Os gnaisses, tem estrutura de bandamento gnáissico, com bandas centimétricas variando igualmente entre bandas máficas e félsicas. A textura varia de granoblástica a nematoblástica. Com relação a mineralogia é observável quartzo, feldspato e piroxênios (UFSC, 2024). A ocorrência desses ortognaisses ocorre em um relevo bastante arrasado, com as rochas em geral muito alteradas pra solo e saprólito.

Os granitos se encontram em regiões próximas ao traçado da rodovia. Composicionalmente apresentam poucas variações, mesmo sendo provenientes de litologias distintas. Compreendem Sieno-Monzogranitos a Granodioritos. A mineralogia majoritariamente consiste em quartzo, plagioclásio, feldspato K e biotita. Estruturalmente apresentam-se com deformação milonítica, variando de proto- a ultramilonítica, com porfiroclastos de feldspato K e plagioclásio, além de textura equigranular grossa a média.

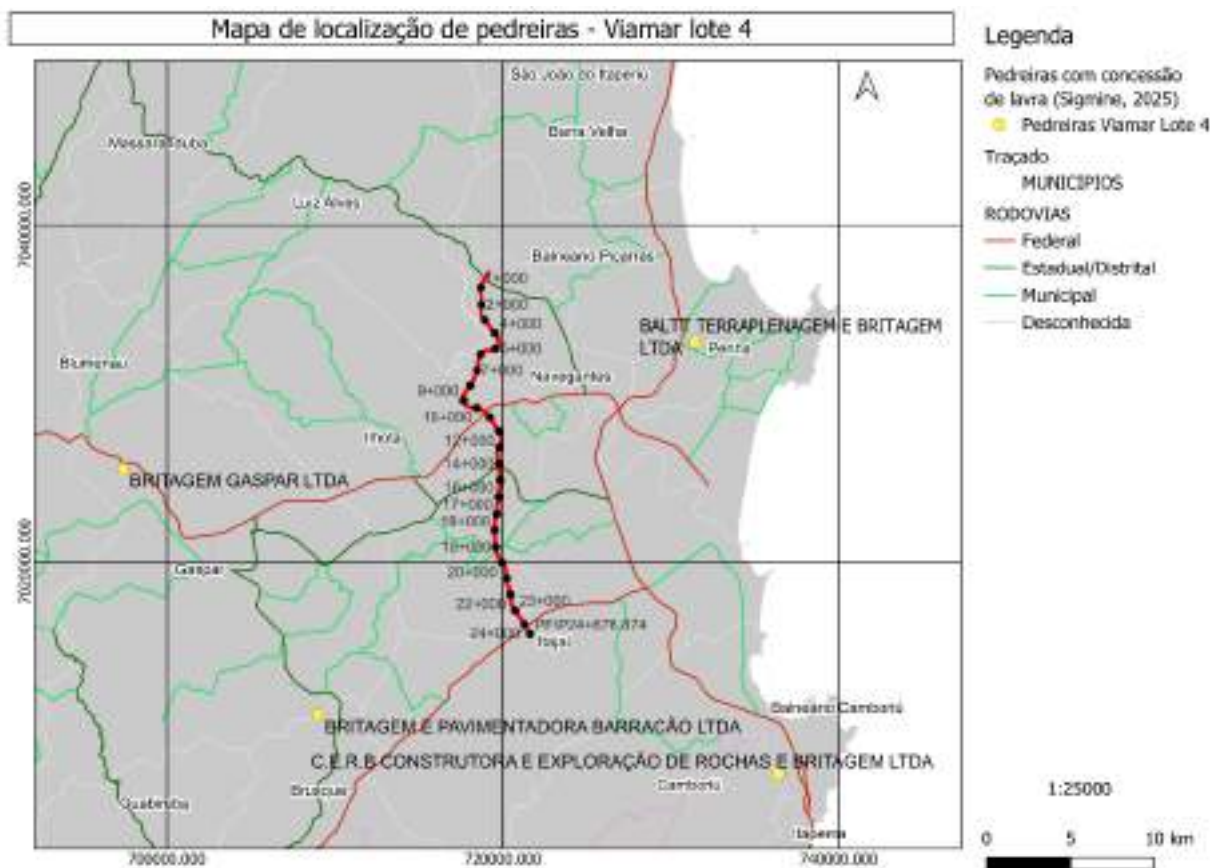


Figura 6 - Figura de localização de jazidas de rocha do Lote 4. (SIGMINE, 2025)

6.2 – Lavras de areia

Para a extração de areia, apresentam-se várias cavas de lavras para fins de construção civil e industrial. Ao longo da região são classificadas como areia e areia quartzosa de origem majoritariamente fluvial retirada de meandros abandonados ou leito de rios de dragagens em canais de rios (SIGMINE, 2025).



Figura 7 - Figura de localização de jazidas de areia do Lote 4. (SIGMINE, 2025)

7 – Situação minerária regional

O presente relatório apresenta o levantamento e análise dos fornecedores de materiais pétreos e arenosos (brita e areia) destinados à implantação do VIAMAR, Lote 4.

O estudo teve como objetivo principal identificar, caracterizar e avaliar as pedreiras e areais com potencial para fornecimento de insumos minerais necessários às obras de infraestrutura do empreendimento, garantindo o atendimento às especificações técnicas, logísticas e ambientais.

As informações apresentadas neste relatório foram obtidas a partir de fontes técnicas e institucionais, incluindo dados disponibilizados pelos próprios empreendimentos minerários, complementados por relatórios públicos de licenciamento mineral e ambiental, visitas de campo realizadas nas unidades de extração, além de referências bibliográficas e informações geológicas existentes sobre as formações e unidades litológicas da região.

7.1 Pedreiras

- Gaspar Britagem;
- Barracão Britagem;
- Baltt Empreiteira;
- CERB construtora e exploração de rochas e britagem;
- Pedreira Ouro Preto.

7.1.1 Gaspar Britagem

A britagem Gaspar Ltda está localizada na BR-470, km 45, Belchior Baixo - Gaspar/SC. Coordenadas UTM 22s 697231; 7025679. Possui pedreira, britagem e usinas de solos e asfalto.



Figura 7 – Mapa área minerária (pedreira) Britagem Gaspar.

▼ NOME	Britagem Gaspar Ltda Epp
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815424/1997
NUMERO	815424
ANO	1997
AREA_HA	14,25000000
ID	{2F36D030-A1E9-4B4E-B7F0-711FB5CF0B92}
FASE	CONCESSÃO DE LAVRA
ULT_EVENTO	418 - CONC LAV/RAL ANO BASE APRESENTADO EM 27/02/2024
NOME	Britagem Gaspar Ltda Epp
SUBS	GNAISSE
USO	Construção civil
UF	SC
DSProcesso	815.424/1997

Quadro 5 – Informações da área minerária (pedreira) Britagem Gaspar.

Constitui-se de um maciço rochoso caracterizado por um gnaisse granulítico, “são”, coerente, de granulometria média a grosseira, pouco fraturado, com fraturas verticais longas, transversais e inclinadas curtas, cinza claro.

O estéril de cobertura é constituído de um solo maduro superficial argiloso seguido de solo saprolítico síltico argiloso com uma espessura que varia entre 1,5m e 6,0m.

Possui praça de trabalho implantada, dispõe de luz elétrica e água nas dependências da extração, conta com equipamentos de britagem instalado no local e o maciço rochoso encontra-se destocado para a lavra. A ocorrência está sendo explotada com cota negativa. Possui uma frente aberta de 200,0m de comprimento com uma bancada de 10,0m de altura que pode ser acrescida em profundidade e possui volume de rocha suficiente para atender a demanda do projeto.

É produzido no âmbito das instalações industriais, brita 0, brita 1 e brita 2, pó, pedrisco, rachão e base usinada. A produção mensal dos tipos beneficiados alcança 50.000m³.

Há a disponibilidade no local, também, de uma usina de base e uma de asfalto de propriedade da própria empresa mineradora.

É um empreendimento licenciado junto aos órgãos competentes o Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM, segundo o processo No 815595/2002 com decreto de lavra outorgado e junto ao órgão ambiental estadual a Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina-FATMA, segundo as licenças ambientais de operação para a lavra e para o beneficiamento dos materiais extraídos.

Não apresenta, do ponto de vista legal, técnico, e ambiental, nenhum obstáculo a sua escavação e beneficiamento.

7.1.2 Barracão Britagem

A pedreira Britagem e Pavimentadora Barracão está localizada na margem esquerda da SC-108 - rodovia Ivo Silveira, sentido Brusque/Gaspar, no ponto de coordenadas UTM 0709107/7010780, no bairro Barracão no município de Gaspar.



Figura 8 – Mapa área minerária (pedreira) Britagem Barracão.

▼ NOME	BRITAGEM E PAVIMENTADORA BARRACAO LTDA
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815322/2002
NUMERO	815322
ANO	2002
AREA_HA	49,65000000
ID	{84B535B6-D65D-4141-86A8-3B19341F60A7}
FASE	CONCESSÃO DE LAVRA
ULT_EVENTO	473 - CONC LAV/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOC EM 30/08/2024
NOME	BRITAGEM E PAVIMENTADORA BARRACAO LTDA
SUBS	GRANITO
USO	Brita
UF	SC
DSProcesso	815.322/2002

Quadro 6 – Informações da área minerária (pedreira) Britagem Barracão.

Dos 13,9km que separam as instalações da pedreira do trecho projetado, 1,3km compreendem a distância percorrida entre a SC-108 e as instalações da pedreira implantada e os restantes são os pavimentados sobre a rodovia Ivo Silveira e a Avenida Francisco Mastella até o PF do trecho a ser restaurado.

Constitui-se de um maciço rochoso caracterizado por um granitóide “são”, coerente, de granulometria média a grosseira, bastante fraturado, com fraturas verticais, inclinadas e sub-horizontais curtas, sem veios de qualquer natureza cortando o corpo granítico, de cor cinza esbranquiçado, com estéril constituído de um solo, superficial, argiloso, marrom claro, seguido de um “regolito” siltico areno argiloso, também cinza esbranquiçado, perfazendo 2,0m a 2,5m de espessura, com vegetação de cobertura do tipo e do porte de gramínea e arbustiva, que está sendo explotado através de 10 bancadas de 10,0m de altura, com praça de trabalho implantada com cota negativa.

A atual frente de avanço da pedreira está dando lugar a outro ponto de exploração do seu lado oposto também com dimensões 150,0m de frente x 200,0m de fundo x 100,0m de altura, no mesmo granitóide, com a sua parte superficial já em processamento, gerando um “macadame” bruto, constituído de rocha altamente intemperizada, meso-fraturada, que após ser escavada se apresenta como um material fragmentado envolto em 20% de matriz arenosa e 80% de fragmentos, com Índice de Suporte Califórnia excelente.

Material de bom suporte e drenante que pode ser usado como sub-base.

Possui nas suas dependências de extração equipamentos de britagem, usina de base e asfalto, instalados.

7.1.3 Pedreira Baltt

Na localidade de Porto Escalvados, no município de Penha, foi inspecionada a ocorrência de rocha, que se constitui na Pedreira BALTT Indústria e Comércio de Pedras Vale do Itajaí Ltda, no ponto de coordenadas UTM 0730783/7033384, no lado direito da BR-101n, próximo da ponte do rio Itajaí-Açu na cidade homônima, distante do OPP da SC-412, 13,6km, pavimentados.



Figura 9 – Mapa área minerária (pedreira) Baltt.

▼ NOME	Indústria e Comércio de Pedras Vale do Itajaí Ltda
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815480/2022
NUMERO	815480
ANO	2022
AREA_HA	33,51000000
ID	{42990F58-F3ED-4F3E-B30E-93C984AA741A}
FASE	CONCESSÃO DE LAVRA
ULT_EVENTO	1399 - CONC LAV/LICENÇA AMBIENTAL PROTOC EM 14/06/2024
NOME	Indústria e Comércio de Pedras Vale do Itajaí Ltda
SUBS	SAIBRO
USO	Construção civil
UF	SC
DSProcesso	815.480/2022
▶ NOME	Indústria e Comércio de Pedras Vale do Itajaí Ltda

Quadro 7 – Informações da área minerária Pedreira Baltt.

É uma ocorrência de gnaiss dos que compõem o Complexo Granulítico de Santa Catarina.

Não possui qualquer impedimento ambiental e se encontra em atividade, em exploração segundo as atividades normais de extração.

Possui praça de trabalho implantada e possui no âmbito das instalações da pedreira equipamentos de britagem, usina de solo e de asfalto em operação.

São produzidos no local brita 0, brita 1, brita 2, brita 3, brita 3a e brita 4, pedrisco, pó especial, areia industrial, rachão, saibro e macadame.

7.1.4 C.E.R.B Casseca Britagem

Localizado no município de Camboriú, no bairro Rio Pequeno, coordenadas UTM 22S 736338/7007500, na rua Antônio Lopes Gonçalves Bastos, N° 1888.



Figura 10 – Mapa área minerária (pedreira) C.E.R.B Casseca Britagem.

▼ NOME	Cerb Construtora e Exploração de Rochas e Britagem Ltda
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815367/1994
NUMERO	815367
ANO	1994
AREA_HA	32,00000000
ID	{9735B0EB-CE80-4D75-B59F-AFEB0CE73EA1}
FASE	CONCESSÃO DE LAVRA
ULT_EVENTO	1105 - CONC LAV/RELATÓRIO PESQUISA NOVA SUBSTÂNCIA PROTOC EM 06/11/2024
NOME	Cerb Construtora e Exploração de Rochas e Britagem Ltda
SUBS	MIGMATITO
USO	Brita
UF	SC
DSPProcesso	815.367/1994

Quadro 8 – Informações da área minerária (pedreira) C.E.R.B Casseca Britagem.

O material pétreo se constitui de granitos e milonitos referentes ao Granito Ponta do Cabeço e o Complexo Camboriú.

São produzidos no local brita 0, brita 1 (beneficiada), brita 2, brita 3, brita 4, brita 0 (beneficiada), brita fina (pó), areia (brita fina beneficiada), pedra marroada, base (brita graduada), cascalho fino, cascalho e cascalho grosso.

7.1.5 Pedreira Ouro Preto

Localizado no município de Pomorode/SC, bairro Vale do Selke, Rua Vale do Selke Grande, 1180, coordenadas SIRGAS 2000 UTM 22S 6852 7032055, cep 89107-000.



Figura 11 – Mapa área minerária (pedreira) Ouro Preto Mineração LTDA.

▼ NOME	OURO PRETO MINERACAO LTDA
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815019/1983
NUMERO	815019
ANO	1983
AREA_HA	32,50000000
ID	{F7895458-8B1B-45C8-B93F-7FFF832AAB0}
FASE	CONCESSÃO DE LAVRA
ULT_EVENTO	418 - CONC LAV/RAL ANO BASE APRESENTADO EM 14/03/2024
NOME	OURO PRETO MINERACAO LTDA
SUBS	GNAISSE P/ BRITA
USO	Brita
UF	SC
DSProcesso	815.019/1983

Quadro 9 – Informações da área minerária (pedreira) Ouro Preto Mineração LTDA.

7.2 Areais

A análise dos areais responsáveis pela produção e fornecimento de areia representam as principais fontes regionais e economicamente viáveis de areia natural e beneficiada utilizadas em obras de infraestrutura.

Foram considerados neste relatório:

- Usinagem Bateias;
- Balneário Materiais de Construção LTDA (Areias ANA);
- Baltt Empreiteira Transportes e Terraplenagem LTDA;
- GS Extração e Comércio de Areia LTDA;
- Schramm areia e terraplanagem;
- Areias Hort LTDA.

7.2.1 Usinagem Bateias

Localizado no município de Itajaí, bairro Itaipava, Rua Ari Zermiani 2002, coordenadas SIRGAS 2000 UTM 22S 724325/7018860, cep 88316-430.



Figura 12 – Mapa área minerária (areal) Usinagem Bateias LTDA.

▼ NOME	USINAGEM BATEIAS LTDA
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815162/1996
NUMERO	815162
ANO	1996
AREA_HA	50,00000000
ID	{5F15AF70-4D2B-4F55-A9B3-87427D34BD98}
FASE	CONCESSÃO DE LAVRA
ULT_EVENTO	418 - CONC LAV/RAL ANO BASE APRESENTADO EM 11/03/2024
NOME	USINAGEM BATEIAS LTDA
SUBS	AREIA
USO	Construção civil
UF	SC
DSProcesso	815.162/1996

Quadro 10 – Informações da área minerária (areal) Usinagem Bateias LTDA.

7.2.2 Balneário materiais de construção Ltda (Areias ANA)

Localizado no município de Itajaí/SC, bairro Brilhante, Rodovia Rodolfo Reinert, ao lado da SC 486. Coordenadas 716163/7011875, CEP 88318-251.



Figura 13 – Mapa área minerária (areal) Balneário Materiais de Construção LTDA.

▼ NOME	BALNEARIO MATERIAIS DE CONSTRUCAO LTDA
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815491/1994
NUMERO	815491
ANO	1994
AREA_HA	42,16000000
ID	{037F88CD-1D54-4DE3-BAA8-7595F5372E7F}
FASE	CONCESSÃO DE LAVRA
ULT_EVENTO	418 - CONC LAV/RAL ANO BASE APRESENTADO EM 11/03/2024
NOME	BALNEARIO MATERIAIS DE CONSTRUCAO LTDA
SUBS	AREIA
USO	Construção civil
UF	SC
DSPProcesso	815.491/1994

Quadro 11 – Mapa área minerária (areal) Balneário Materiais de Construção LTDA.

7.2.3 Baltt empreiteira transportes e terraplenagem ltda

Localizado no município de Penha/SC, bairro Pedreiras, Rua Onório Bortolato N°6557, coordenadas SIRGAS 200 UTM 22S 733582/7030261.



Figura 14 – Mapa área minerária (areal) Baltt Empreiteira Transportes e Terraplenagem LTDA.

▼ NOME	BALTT EMPREITEIRA TRANSPORTES E TERRAPLENAGEM LTDA
▸ (Derivado)	
▸ (Ações)	
PROCESSO	815221/2004
NUMERO	815221
ANO	2004
AREA_HA	43,14000000
ID	{E82993CF-3401-443E-A527-338AB4FED073}
FASE	CONCESSÃO DE LAVRA
ULT_EVENTO	436 - CONC LAV/DOCUMENTO DIVERSO PROTOC EM 20/05/2024
NOME	BALTT EMPREITEIRA TRANSPORTES E TERRAPLENAGEM LTDA
SUBS	AREIA
USO	Construção civil
UF	SC
DSPProcesso	815.221/2004

Quadro 12 – Mapa área minerária (areal) Baltt Empreiteira Transportes e Terraplenagem LTDA.

7.2.4 Gs extração e comércio de areia

Localizado no município de Araquari/SC, bairro Itapocu, Rua Geraldo Werninghaus N°140, coordenadas SIRGAS 2000 22S, 726630/7056188, CEP 89245-000.



Figura 15 – Mapa área minerária (areal) GS Extração e Comércio de Areia LTDA.

▼ NOME	GS EXTRACAO E COMERCIO DE AREIA LTDA
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815374/1992
NUMERO	815374
ANO	1992
AREA_HA	5,47000000
ID	{4C8D418F-27E6-4CB1-AA18-4E6EAFB48300}
FASE	CONCESSÃO DE LAVRA
ULT_EVENTO	418 - CONC LAV/RAL ANO BASE APRESENTADO EM 02/03/2024
NOME	GS EXTRACAO E COMERCIO DE AREIA LTDA
SUBS	AREIA
USO	Construção civil
UF	SC
DSProcesso	815.374/1992

Quadro 13 – Informações minerária (areal) GS Extração e Comércio de Areia LTDA.

7.2.5 Extração de areia Schramm LTDA

Localizado no município de Gaspar Sc, bairro Belchior Baixo, Rua Vidal Flavio Dias, N°55, coordenadas SIRGAS 2000 22S, 697630/7024119, CEP 88110-001.



Figura 16 – Mapa área minerária (areal) Extração de areia Schramm LTDA.

▼ NOME	EXTRACAO DE AREIA SCHRAMM LTDA
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815140/2022
NUMERO	815140
ANO	2022
AREA_HA	3,28000000
ID	{1FA6B12C-CDE1-4651-A494-1ECBBAFEF7DC}
FASE	LICENCIAMENTO
ULT_EVE...	742 - LICEN/PRORROGAÇÃO REGISTRO LICENÇA AUTORIZADA PUBL EM 09/09/2024
NOME	EXTRACAO DE AREIA SCHRAMM LTDA
SUBS	AREIA
USO	Construção civil
UF	SC
DSProce...	815.140/2022

Quadro 14 – Informações minerária (areal) Extração de areia Schramm LTDA.

7.2.6 Extração e transporte de Areia Hort LTDA

Localizado no município de Gaspar Sc, bairro Bela Vista, Rua Anfiloquio Nunes Pires, Nº4100, coordenadas SIRGAS 2000 22S, 698313/7023822, Cep 89110-645.



Figura 17 – Mapa área minerária (areal) Extração e transporte de Areia Hort LTDA.

▼ NOME	Extração e Transportes de Areia Hort Ltda
▶ (Derivado)	
▶ (Ações)	
PROCESSO	815561/1987
NUMERO	815561
ANO	1987
AREA_HA	12,05000000
ID	{1FE35B0A-DF0A-4DE5-A80E-32E05591DCC5}
FASE	LICENCIAMENTO
ULT_EVE...	736 - LICEN/DOCUMENTO DIVERSO PROTOC EM 23/10/2024
NOME	Extração e Transportes de Areia Hort Ltda
SUBS	AREIA
USO	Demais substâncias
UF	SC
DSProce...	815.561/1987

Quadro 15 – Informações minerária (areal) Extração e transporte de Areia Hort LTDA.

7.3 Pedreiras consideradas em análise

As pedreiras consideradas em análise foram selecionadas com base na capacidade produtiva e na proximidade em relação ao Projeto Viamar – Lote 4. Adicionalmente, foram consideradas apenas as empresas que atenderam à solicitação da projetista, encaminhando as informações referentes à tabela de preços. As demais empresas contatadas não retornaram ou não forneceram os dados necessários, motivo pelo qual não foram incluídas na análise. As pedreiras estão indicadas a seguir:

- Pedreira Balt;
- Britagem Gaspar;
- Britagem Barracão.

NOME DA PEDREIRA	BALTT EMPREITEIRA (INDUSTRIA E COMERCIO DE PEDRAS DO VALE ITAJAI)	BRITAGEM GASPAR	BRITAGEM BARRACÃO
BRITA 0	R\$ 72,65 m ³	R\$ 59,80 tn DENS. = 1,5	R\$ 87,75 m ³
BRITA 1	R\$ 75,60 m ³	R\$ 59,80 tn DENS. = 1,5	R\$ 81,74 m ³
BRITA 2	R\$ 72,16 m ³	R\$ 59,10 tn DENS. = 1,4	R\$ 78,95 m ³
BRITA 4	R\$ 73,84 m ³	R\$ 54,50 tn DENS. = 1,5	R\$ 71,76 m ³
BRITA GRADUADA BGS	R\$ 131,81 m ³	R\$ 59,80 tn DENS. = 1,6	R\$ 103,01 m ³
PEDRISCO	R\$ 72,65 m ³	R\$ 59,10 tn DENS. = 1,5	R\$ 74,83 m ³
PÓ DE PEDRA	R\$ 111,73 m ³	R\$ 59,10 tn DENS. = 1,6	R\$ 62,40 m ³
RACHÃO BRITADO	R\$ 72,42 m ³	R\$ 50,30 tn DENS. = 1,5	R\$ 71,76 m ³
PEDRA DETONADA	*	R\$ 50,30 tn DENS. = 1,5	R\$ 84,10 m ³
USINAGEM CBUQ/MASSA FINA	*	R\$ 170,00 tn	R\$ 93,41 tn

Quadro 16 – Informações mineração (pedreiras consideradas em análise).

7.4 Areais considerados na análise

Os areais assim como definido nas pedreiras consideradas em análise foram selecionados com base na capacidade produtiva e na proximidade em relação ao Projeto Viamar – Lote 4. Adicionalmente, foram consideradas apenas as empresas que atenderam à solicitação da projetista, encaminhando as informações referentes à tabela de preços e à capacidade de extração. As demais empresas contatadas não retornaram ou não forneceram os dados necessários, motivo pelo qual não foram incluídas na análise. Os areais estão indicados a seguir:

- (Areias Ana) Balneário materiais de construção Ltda;
- Areias Hort;
- GS Mineração e comércio;
- Schramm Areias.

NOME AREIAL	AREIAS HORT	GS MINERAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA	SCHRAMM AREIAS E TERRAPLANAGEM	AREIAS ANA (BALNEÁRIO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LTDA)
EXTRAÇÃO MENSAL	2.000 m ³	90.000 m ³	3.000 m ³	*
CONTAMINADO	*	*	*	*
PÓ DE PEDRA	*	*	*	*
BRITA 0	*	*	*	*
BRITA 1	*	*	*	*
AREIA DE RIO COM BRITA 0	*	*	*	*
AREIA DE BRITA COM BRITA 1	*	*	*	*
AREIA SUJA	*	*	*	R\$ 75,00 m ³
AREIA FINA	*	R\$ 84,75 m ³	*	R\$ 90,00 m ³
AREIA MÉDIA	R\$ 89,00 m ³	R\$ 84,75 m ³	R\$ 89,00 m ³	R\$ 85,00 m ³
AREIA GROSSA	*	*	*	R\$ 145,00 m ³

Quadro 17 – Informações mineração (areal) GS Extração e Comércio de Areia LTDA.

8 – Descrição geológica detalhada da rodovia

Quanto a descrição geológica do eixo de anteprojeto, foi compilado dados de bibliografia regional, imagens de satélite e visita a campo nos pontos de corte de terreno.

Baseado no traçado do perfil das unidades geológicas que estão sob as litologias de acordo com a CPRM, 2014 foram definidas conforme tabela a seguir.

Lote 4				
Distância			Sigla	Litologia
KM	0+000	0+194	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	0+194	0+892	A4PP2la	Ortognaisses Luis Alves
KM	0+892	1+751	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	1+751	1+942	NP3ijga	BI - Fm. Gaspar - conglomerados e arenitos
KM	1+942	2+052	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	2+052	2+368	NP3ijga	BI - Fm. Gaspar - conglomerados e arenitos
KM	2+368	2+649	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	2+649	3+059		BI - Fm. Gaspar - conglomerados e arenitos
KM	3+059	4+047	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	4+047	4+813		BI - Fm. Gaspar - conglomerados e arenitos

KM	4+813	5+001	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	5+001	5+530		BI - Fm. Garcia - ritmitos
KM	5+530	5+863	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	5+863	6+533		BI - Fm. Garcia - ritmitos
KM	6+533	9+053	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	9+053	9+506		BI - Fm. Garcia - arenitos e conglomerados
KM	9+506	10+135	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	10+135	10+245		BI - Fm. Garcia - arenitos e conglomerados
KM	10+245	11+921	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	11+921	13+243		BI - Fm. Garcia - Finos
KM	13+243	13+652	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	13+652	13+952		BI - Fm. Gaspar - conglomerados e arenitos
KM	13+952	19+245	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	19+245	19+428	NP1brbp	CB - Fm.Botuverá pelíticas
KM	19+428	19+999	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	19+999	20+568	NP1brbp	CB - Fm.Botuverá pelíticas
KM	20+568	21+058	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	21+058	21+088	NP1brbp	CB - Fm.Botuverá pelíticas
KM	21+088	21+135	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	21+135	21+175	NP1brbp	CB - Fm.Botuverá pelíticas
KM	21+175	21+746	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares
KM	21+746	21+903	NP1brbp	CB - Fm.Botuverá pelíticas
KM	21+903	24+623	Q2ca	Depósitos colúvio aluvionares

Quadro 18 – Tabela litologias sob o traçado do Lote 4. (CPRM, 2014)

Além disso, foi realizado visitas em todos os intervalos do trecho que ocorrerão cortes onde foram determinados de maneira percentual suas classificações em 1°, 2°, e 3° categoria. Além de, definição do solo/rocha horizontes de observáveis, tipo de afloramentos de rocha, falhas geológicas, e, direção e mergulho das camadas.

Cor te	Estaca inicial	Estaca final	Volum e (m³)	Altur a de corte (m)	Classificação						Unid. Litológica
					1° Categoria		2° Categoria		3° Categoria		
					%	Volume (m³)	%	Volume (m³)	%	Volume (m³)	
1	0+260	0+400	76.946,00	8,75	90 %	69.251,40	10 %	7.694,60	0%	-	Ortoгнаisse
2	0+540	0+980	266.652,00	17,30	75 %	199.989,00	25 %	66.663,00	0%	-	Coluvionar/Ortoгнаisse
3	1+780	2+200	14.472,70	8,59	90 %	13.025,43	10 %	1.447,27	0%	-	Colúvionar/Ortoгнаisse
4	2+220	2+540	22.362,76	4,56	70 %	15.653,93	30 %	6.708,83	0%	-	BI - Fm. Gaspar -

												conglomerados e arenitos
5	2+720	3+120	415.638,00	24,26	50 %	207.819,00	30 %	124.691,40	20%	83.127,60	BI - Fm. Gaspar - conglomerados e arenitos	
6	4+180	4+580	510.060,00	37,93	25 %	127.515,00	50 %	255.030,00	25%	127.515,00	BI - Fm. Gaspar - conglomerados e arenitos	
7	4+640	4+760	4.029,00	6,46	45 %	1.813,05	50 %	2.014,50	5%	201,45	BI - Fm. Gaspar - conglomerados e arenitos	
8	5+180	5+200	42,00	1,43	70 %	29,40	30 %	12,60	0%	-	BI - Fm. Garcia - ritmitos	
9	5+960	6+560	1.921.246,00	63,23	25 %	480.311,50	50 %	960.623,00	25%	480.311,50	BI - Fm. Garcia - ritmitos	
10	6+600	6+620	58,00	1,08	70 %	40,60	30 %	17,40	0%	-	BI - Fm. Garcia - ritmitos	
11	9+040	9+500	711.214,00	46,77	25 %	177.803,50	50 %	355.607,00	25%	177.803,50	BI - Fm. Garcia - arenitos e conglomerados	
12	9+860	9+900	38,00	0,55	70 %	26,60	30 %	11,40	0%	-	Coluvionar	
13	10+080	10+200	28.864,00	10,17	60 %	17.318,40	40 %	11.545,60	0%	-	Coluvionar	
14	11+840	12+620	1.671.587,00	51,00	50 %	835.793,50	40 %	668.634,80	10%	167.158,70	BI - Fm. Garcia - Finos	
15	12+980	13+220	213.390,00	31,56	50 %	106.695,00	40 %	85.356,00	10%	21.339,00	BI - Fm. Garcia - Finos	
16	13+720	14+060	65.836,00	16,83	60 %	39.501,60	40 %	26.334,40	0%	-	BI - Fm. Gaspar - conglomerados e arenitos	
17	14+220	14+300	130,00	0,30	70 %	91,00	30 %	39,00	0%	-	Aluvionar	
18	19+240	19+440	41.938,00	16,71	20 %	8.387,60	60 %	25.162,80	20%	8.387,60	CB - Fm.Botuverá pelíticas	
19	19+520	19+560	12,00	0,71	70 %	8,40	30 %	3,60	0%	-	Coluvionar/CB - Fm.Botuverá pelíticas	

20	19+92 0	20+62 0	547.19 2,00	35,71	20 %	109.438, 40	60 %	328.315, 20	20%	109.438,4 0	CB - Fm.Botuverá pelíticas
21	21+30 0	21+54 0	137.83 4,00	18,77	50 %	68.917,0 0	40 %	55.133,6 0	10%	13.783,40	Coluvionar
22	21+66 0	22+04 0	366.37 6,00	35,95	50 %	183.188, 00	40 %	146.550, 40	10%	36.637,60	Coluvionar
23	22+10 0	22+14 0	445,00	2,51	70 %	311,50	30 %	133,50	0%	-	Coluvionar
24	24+14 0	24+26 0	356,00	1,40	70 %	249,20	30 %	106,80	0%	-	Coluvionar
Total			7.016. 718,46		To tal	2.663.17 8,01	Tot al	3.127.83 6,70	Tota l	1.225.703, 75	

Quadro 19 – Tabela classificação geológica/geotécnica dos cortes Viamar lote4.

8.1 – Descrição geológica baseada na visita a campo

Nesta seção são apresentados os principais trechos de corte identificados ao longo do eixo projetado, com base na análise geológica e geotécnica realizada durante os levantamentos de campo e no cruzamento com os dados topográficos e de projeto.

As descrições a seguir buscam caracterizar os materiais presentes nos taludes de corte e nas áreas de aterro, destacando os principais tipos de rochas, solos residuais e coluviais, suas espessuras médias, grau de intemperismo, descontinuidades, umidade e demais aspectos relevantes à estabilidade dos taludes e à execução das obras de terraplenagem.

- 0+260 a 0+400

Afloramento do tipo corte de barranco, possui alto grau de alteração. Apresenta cor vermelho a vermelho amarelado, com granulometria argilo siltoso, sem grânulos e sem mineralogia observável. Além de, não apresentar nenhum tipo de estrutura reliquiar visível.

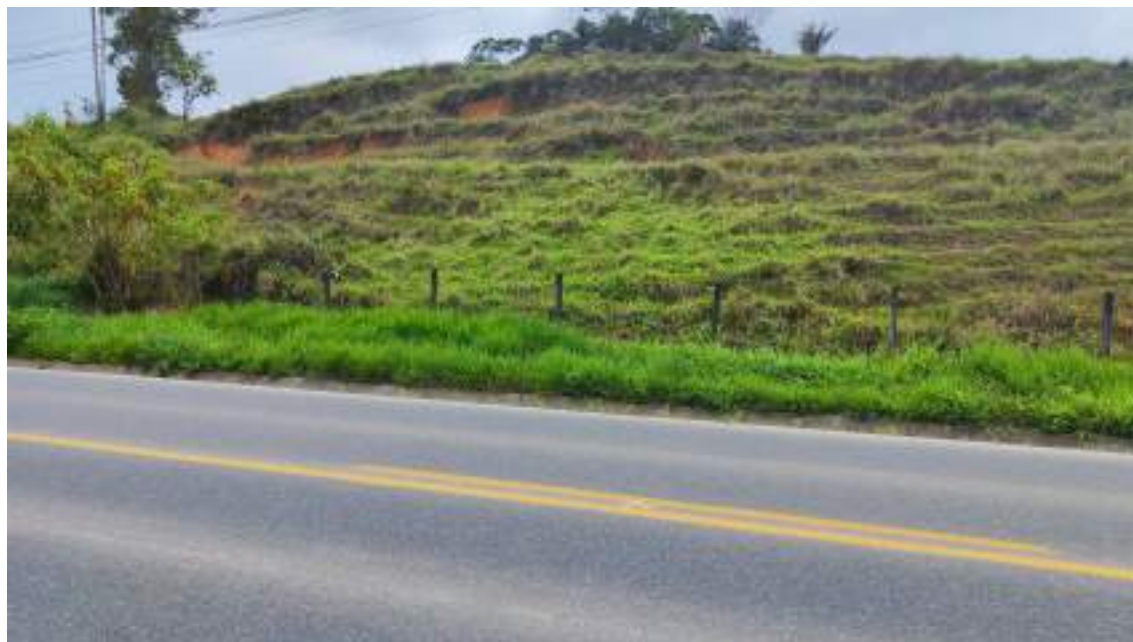


Figura 16 – (A) e (B) 0+260 a 0+400 - Viamar lote4.

- 0+540 a 0+980

Afloramento de um pequeno corte de barranco, possui médio a alto grau de alteração. Cor amarelo/marrom, com granulometria silte argilosa, sem grânulos e sem mineralogia observável. Não visível uma estrutura reliquiar característica



Figura 17 – (A) 0+540 a 0+980 - Viamar lote4.

- 1+780 a 2+200

Afloramento corte de estrada, apresenta alto grau de alteração. Observável dois diferentes litotipos nesse ponto.

1 – Solo coluvionar (depósito de talus)

Mostra-se acima do litotipo 2. Cor marrom escuro com granulometria silte argilosa, com presença de quartzo leitoso tamanho seixo a bloco.

2 – Solo residual de ortognaisse

Cor marrom amarelado com granulometria argilosa, além de, apresentar bandas félsicas de caulinita e minerais opacos (característica de solos residuais de ortognaises, pela UFSC 2024).



Figura 18 – (A) e (B) 1+780 a 2+200 - Viamar lote4.

- 2+220 a 2+540

Afloramento corte de estrada, possui moderado grau de alteração. O solo aparenta ser coluvionar, granulometria siltosa marrom escura. Acima apresenta grandes matacões de conglomerados com a maioria maior que 1m³. Pela dificuldade de definir se os blocos estão ou não em situ, as classificações de 1°, 2° e 3° categoria foram determinadas conforme (Quadro 5).



Figura 19 – (A) 2+200 a 2+540 - Viamar lote4.

- 4+180 a 4+580

Afloramento corte de estrada, com in situ de geometria tabular na base e no topo por uma maior parte em solo e rochas in situ e não insitu. A coloração é composto por arenito subarcóseo de cor marrom, maciço, fino a médio na base, com elevado grau de alteração, gradando para um arenito subarcóseo médio a grosso no topo. Com relação à mineralogia da rocha, identifica-se quartzo, K-feldspato e máficos. Os grãos são predominantemente subarredondados na base e angulosos no topo, ambas porções com baixa esfericidade e moderado grau de seleção. O solo é majoritariamente silte arenoso de coloração marrom amarelada.

Foram medidas o mergulho e sentido de mergulho das camadas em DIP DIRECTION.

Medidas S0:

- 197°/15°;
- 200°/13,2°.





Figura 20 – (A); (B) e (C) 4+180 a 4+580 - Viamar lote4.

- 4+640 a 4+760

Afloramento corte de barranco com um riacho na frente, com blocos rolados próximos. Apresenta médio grau de alteração. Cor amarela clara com granulometria arenosa siltosa com grãos de quartzo observáveis. Não apresenta estrutura reliquiar visível



Figura 21 – (A) 4+640 a 4+760 - Viamar lote4.

- 9+040 a 9+500

Afloramento do tipo pedra, moderada alteração, apresenta grandes blocos de matacão e blocos in situ no topo e na base por solo residual de arenito. O arenito alterado apresenta estratificação SH, equigranular médio a fino, apresenta majoritariamente cor amarela clara com estratificações centimétrica cor bordo. No topo apresenta um arenito sã, em sua maioria in situ, com estratificação SH, e granulometria arenosa siltosa, com alguns blocos de matacão rolados. O solo residual e a rocha sã apresentam mesmo sentido e ângulo de mergulho.

Medidas – DIP DIRECTION:

S0 = 203°/24°

S0 = 183°/25,1°



Figura 22 – (A) e (B) 9+040 a 9+500 - Viamar lote4.

- 10+080 a 10+200

Afloramento barranco, com muita vegetação, e alto grau de alteração. Apresenta granulometria média com coloração marrom amarelado, não aparenta ter rocha sã, apenas solo residual de arenito, sem estratificação observável.

- 13+720 a 14+060

Afloramento corte de estrada de moderada a alta alteração. Apresenta granulometria arenosa, cor amarelo amarronzado sem estrutura reliquiar visível.



Figura 23 – (A) 13+720 a 14+060 - Viamar lote4.

- 19+240 a 19+440

Afloramento tipo corte de estrada, rocha com baixo a médio grau de alteração. Cor prata metálica, apresenta estrutura xistosa, de um metamorfismo de baixo grau. Textura majoritariamente lepidoblástica, orientada por micas. Minerais observáveis: biotita, muscovita, e feldspatos. A rocha é um Mica-Xisto.

Medida – DIP DIRECTION

040°35°



Figura 24 – (A) 19+240 a 19+440 - Viamar lote4.

- 21+660 a 22+040

Afloramento corte de estrada, com muita vegetação, e alto grau de alteração. Apresenta granulometria argilo siltosa, com grânulos de quartzo leitoso tamanho seixo. Provável solo coluvionar (depósito de tálus).



Figura 25 – (A) 21+660 a 22+040 - Viamar lote4.

9 – Conclusões

Tendo como base a interpretação de fotos aéreas, análise dos aspectos geomorfológicos, litológicos, estruturais, tectônicos e pedológicos, além de, estudos geológico-geotécnicos, campo, sondagens e bibliografia existentes da região para o trecho supracitado, são esperados custos elevados de obras com a execução das alternativas relacionando a estabilidade de aterros e taludes.

Um fator importante a ser mencionado é que o Edital de licitação em seu quadro de Escopo de Trabalho somente previu o Estudo Geotécnico convencional para obras em terrenos com fundação de aterro com resistência capacitada para receber esses aterros.

O trecho se desenvolve com uma razoável extensão sobre solos moles de baixa capacidade de suporte que requereriam elaboração de ensaios especiais para o cálculo geotécnico do adensamento e a solução de terraplenagem para minimizar as consequências do conjunto de aterro sobre solo mole. No entanto, como já mencionado, esses ensaios não foram previstos no escopo de trabalho.

10 – Recomendações

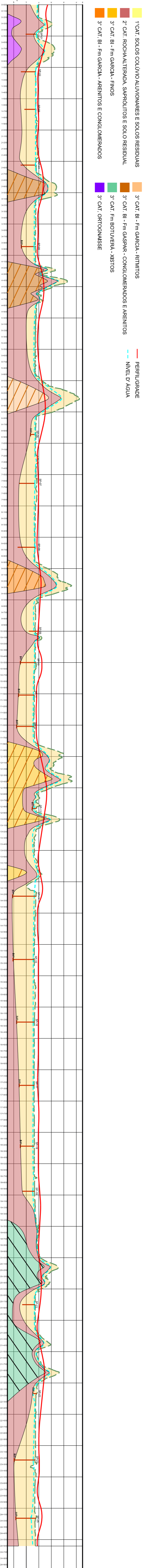
Assim como mencionado na conclusão, não foram previstos no escopo de trabalho do edital a elaboração de ensaios especiais para solos moles. A consorciada SOTEPA realizou para o DNIT o projeto de duplicação da rodovia BR 280, no qual temos 7km de solo mole, bem como realizou projeto do acesso da BR 470 à Ilhota. O solo mole desses 2 locais tem bastante semelhança como o solo do presente projeto. Assim entendemos que na falta de previsão de elaboração de ensaios especiais, os resultados de ensaios dos locais mencionados poderiam ser utilizados como representativos do solo mole desse projeto.

11 – Mapa geológico

A seguir é apresentado o mapa geológico do traçado.

12 – Perfil geológico/geotécnico

A seguir é apresentado o perfil geológico/geotécnico do traçado.



C ESTUDO HIDROLÓGICO

C. ESTUDO HIDROLÓGICO

1. Introdução

O Estudo Hidrológico foi desenvolvido, no que coube, com base na Instrução de Serviço IS-06 e no Termo de Referência do Edital. O estudo tem por objetivo a obtenção dos parâmetros necessários ao dimensionamento dos dispositivos de drenagem e OAC do trecho em estudo.

A finalidade do Estudo Hidrológico está fundamentalmente ligada à definição dos elementos para permitir o Projeto das Estruturas de Drenagem, no que se refere ao local de implantação, tipo e dimensionamento hidráulico. Com este objetivo, procura-se analisar dados pluviométricos, a fim de estabelecer uma projeção para as precipitações sob certos critérios de projeto, como por exemplo, o tempo de recorrência de um valor máximo de chuva.

Nos trabalhos hidrológicos, de maneira geral, interessa não somente o conhecimento das máximas precipitações observadas nas séries históricas, mas, principalmente, prever com base nos dados observados, e valendo-se dos princípios de probabilidade, quais as máximas precipitações que possam vir a ocorrer em certa localidade, com determinada frequência, sendo ela dependente da natureza do dispositivo a ser implantado. Faz parte dos Estudos Hidrológicos a determinação das bacias que contribuem ao segmento de projeto, com o objetivo de definir as vazões de dimensionamento (vazões de projeto).

As grandezas características da precipitação, como a intensidade, a duração e a frequência, variam de local para local, de acordo com a latitude, altitude, tipo de cobertura, topografia e época do ano. Em razão disso, os dados pluviométricos de longas séries de observações devem ser analisados estatisticamente e não podem ser extrapolados de uma região para outra (BACK 1995).

Durante o período de abrangência do presente relatório foram pesquisadas as estações pluviométricas da região em estudo para estabelecer qual será a fonte de dados utilizada para a caracterização das chuvas nesse estudo, bem como feito o levantamento das bacias e sub-bacias hidrográficas para estimar as bacias de drenagem que interceptam o corredor elaborado no EVTEA de 2022, que engloba o trecho deste projeto.

2. Tipo Climático

Pela aplicação do Sistema Köppen, que preconiza a utilização de médias e índices numéricos dos elementos temperatura e precipitação, a região em estudo se enquadra em climas do Grupo C – Temperado. Este grupo climático tem o mês mais frio com média entre -3 e 18 °C e pelo menos um mês com média acima de 10 °C. Dentro do Grupo C,

o clima da região central do estado de Santa Catarina pertence ao tipo úmido (f), sem estação seca distinta.

Ainda dentro deste tipo, é possível distinguir, em função do fator altitude, dois subtipos:

Cfa = Clima subtropical úmido com verão quente, apresenta o mês mais frio com uma média acima de 0 °C ou -3 °C, pelo menos um mês com temperatura média acima de 22 °C e pelo menos quatro meses com média acima de 10 °C. Não apresenta diferença significativa no nível de precipitação entre as estações, o que significa que não há estação seca em período algum do ano.

Cfb = Clima temperado úmido com verão ameno, seu mês mais frio tem média acima de 0 °C ou -3 °C, todos os meses possuem temperatura média abaixo de 22 °C e pelo menos quatro meses apresentam média acima de 10 °C. Não há diferença significativa no nível de precipitação entre as estações.

Em função da descrição anterior, pode-se concluir que o clima na região do projeto segundo a classificação de Wladimir Köppen, é temperado, pertencente ao Grupo C e **tipo Cfa**.

Apresenta-se na figura 1 o mapa contendo a classificação climática do Estado de Santa Catarina.

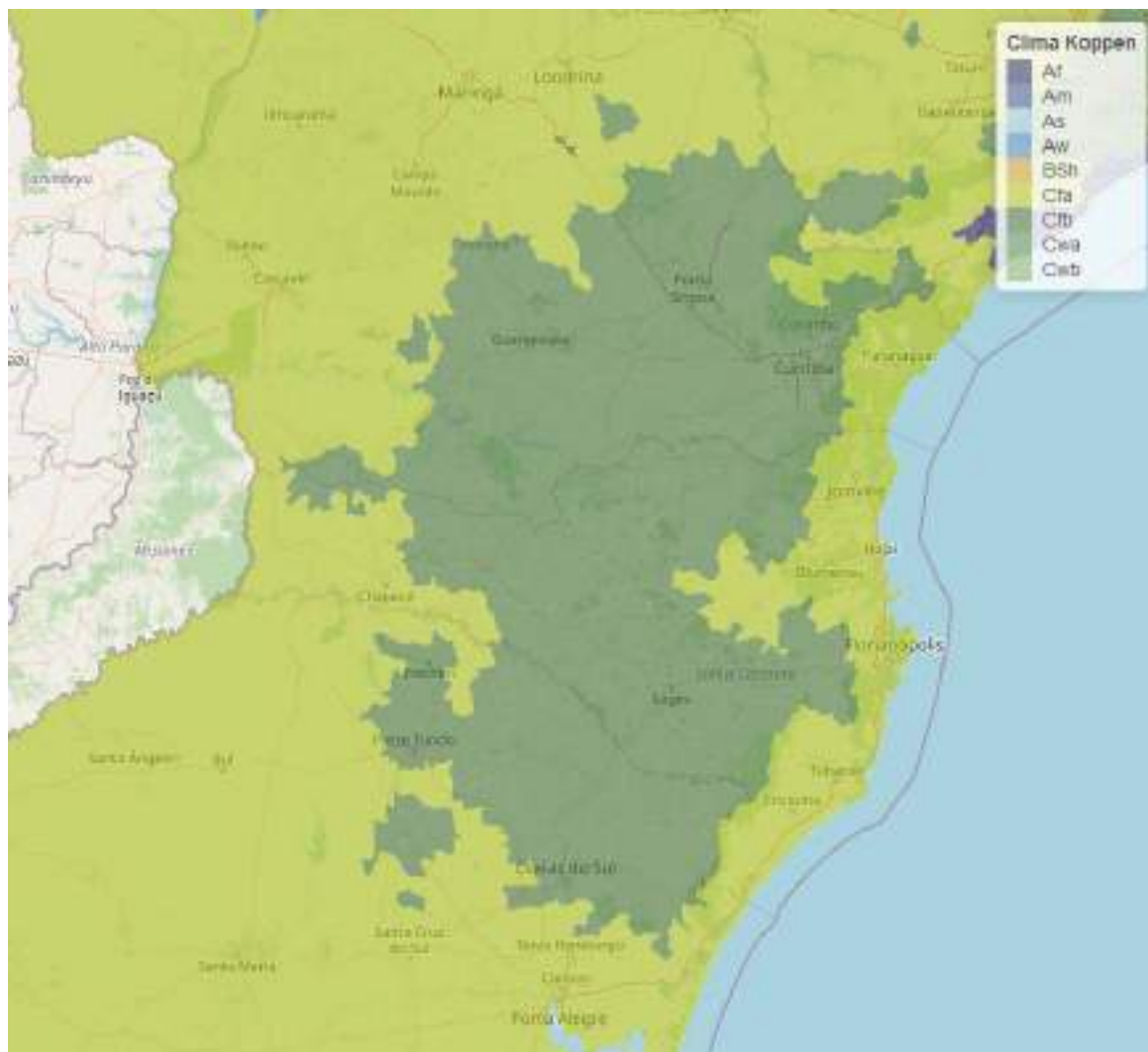


Figura 1 - Mapa de Classificação Climática de Santa Catarina segundo Köppen. (Fonte: <https://koppenbrasil.github.io/>)

3. Pluviometria

3.1 Escolha da Estação Pluviométrica a ser adotada para o estudo

Foram pesquisadas estações pluviométricas próximas a região em estudo no portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

A partir da consulta, elencou-se as estações meteorológicas mais próximas da área de estudo, conforme imagem a seguir.

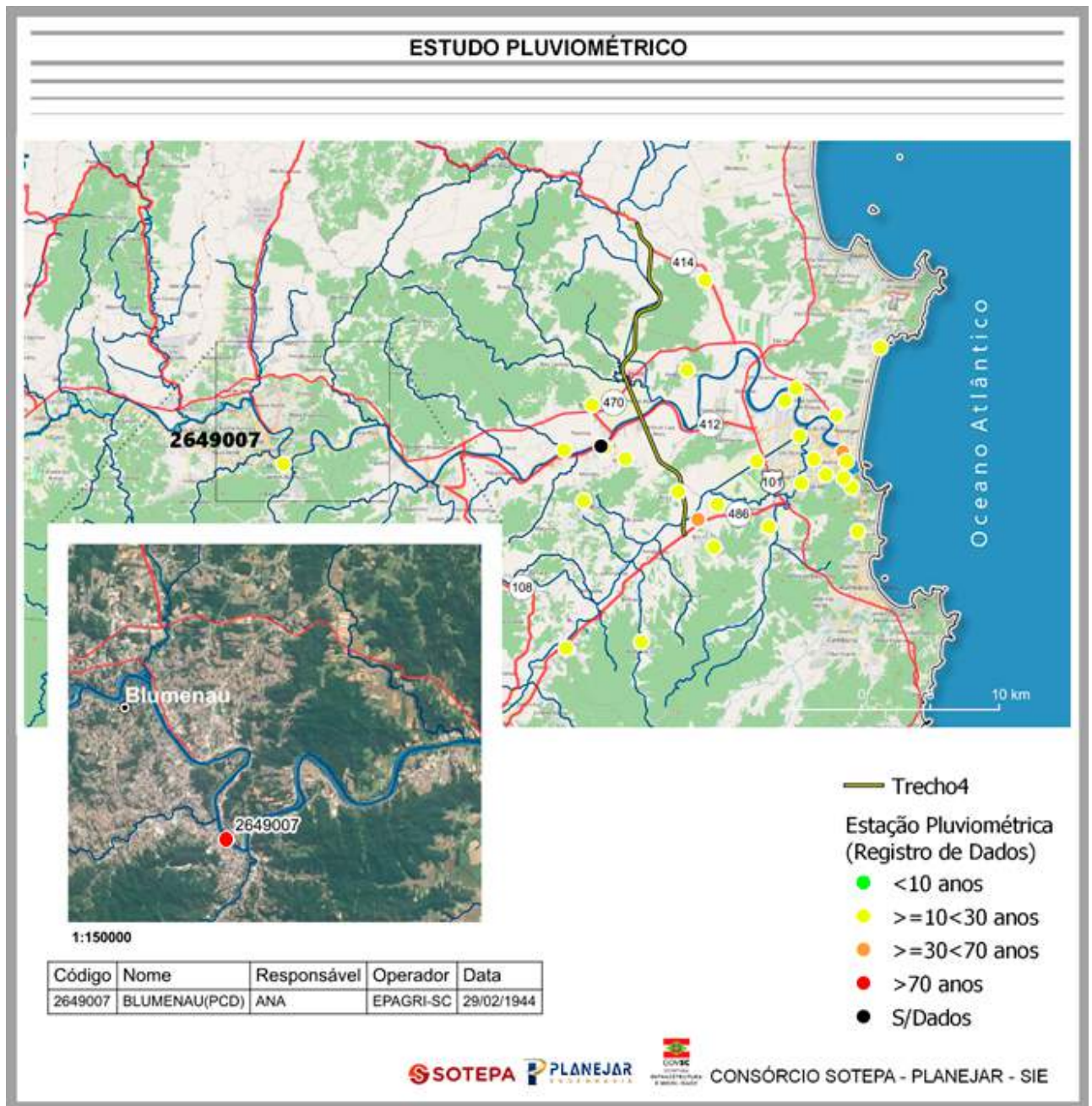


Figura 2 - Estações Pluviométricas próximas a área de estudo.

Depois de determinadas quais as estações meteorológicas pertinentes, refinou-se o grupo de estações levando em consideração apenas as que se encontram em funcionamento ainda hoje, foi feita a consulta dos dados históricos de cada uma delas.

Por fim, as estações que possuem séries históricas iguais ou menores a 10 anos foram desconsideradas pois não são representativas o suficiente para serem utilizadas na análise estatística dos dados.

As estações que atendiam a todos esses critérios estão apresentadas a seguir, bem como destacadas na figura 2.

Número da Estação	Operador/Responsável	Coord.	Nome da estação	Série Histórica
2648024	EPAGRI-SC	-26,9501 -48,7611	ITAJAÍ	1980 - 2024
2648026	IAA	-26,9043 -48,6560	PLANALSUCAR - ERCAT (IAA)	1979 - 2024
2649007	EPAGRI-SC	-26,9181 -49,0653	BLUMENAU (PCD)	1944 - 2021

Para o Estudo Hidrológico foi utilizando os dados aferidos pela estação 2649007. Possuindo a maior série histórica dentre as estações com dados disponíveis, a estação 2649007 está inserida no mesmo contexto climático do trecho estudado, sendo os principais fatores que influenciam a decisão a classificação climática de Köppen, a altitude da estação, o relevo, a bacia hidrográfica e o histórico de dados.

Como mencionado anteriormente, estações com séries históricas longas e contínuas permitem uma melhor análise estatística; nesse sentido, a estação escolhida também atende a esse parâmetro, tendo iniciado suas aferições em 1944. Além disso, a análise estatística apresentou um desvio padrão relativamente baixo, em comparação com outras estações. Este fator é particularmente relevante, considerando o contexto climático da região de Blumenau, caracterizado por eventos de precipitações intensas. A escolha foi embasada na necessidade de dimensionar dispositivos de drenagem capazes de atender às condições mais severas esperadas para o local.

Os principais dados da estação, conforme Hidroweb da ANA, são os seguintes:

Dados Estação

Código	2649007
Nome Estação	BLUMENAU (PCD)
Código Adicional	
Bacia	8 - ATLÂNTICO, TRECHO SUDESTE
SubBacia	83 - RIO ITAJAÍ-AÇU
Rio	
Estado	SANTA CATARINA
Município	BLUMENAU
Responsável	ANA
Operadora	EPAGRI-SC
Latitude	-26.9181
Longitude	-49.0653
Altitude (m)	12
Área de Drenagem (Km²)	

Figura 3 - Principais dados da Estação 2649007 (Fonte: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>)

3.2 Estação Pluviométrica de Blumenau (PCD) (2649007)

A estação pluviométrica de Blumenau possui latitude -26,9181, longitude -49,0653 e altitude de 6 metros, sendo o órgão responsável pela sua operação a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e pelo fornecimento dos dados a Agência Nacional de Águas - ANA.

A estação possui uma série histórica de 1944 a 2021. O primeiro ano (1938) e o último ano (2024) foram desconsiderados por não estarem completos.

No Tabela 1 está presente a série histórica dos valores máximos diários anuais de precipitação, obtidos através dos dados disponíveis no HIDROWEB.

Tabela 1 - Valores Máximos Diários Anuais de Precipitação da Estação 2649007

Ano	Precipitação Máxima em 24h (mm)	Ano	Precipitação Máxima em 24h (mm)
1944	64,9	1983	79,6
1945	70,8	1984	105
1946	81,4	1985	100,1
1947	53	1986	94,6
1948	99,2	1987	70,2
1949	84	1988	55,6
1950	51	1989	125,9
1951	89,6	1990	66,7
1952	63,6	1991	112,8
1953	63,4	1992	144,3
1954	107	1993	118,1
1955	81,8	1994	101,2
1956	46,3	1995	83,9
1957	65,6	1996	70
1958	82,4	1997	79
1959	89,5	1998	98,4
1960	123,5	1999	75,5
1961	110,9	2000	76,1
1962	126,4	2001	89,7
1963	91	2002	51,1
1964	50,4	2003	74,6
1965	97,6	2004	65,9
1966	90,6	2005	94,3
1967	70,1	2006	25,8
1968	59	2007	82,4
1969	64,9	2008	250,9
1970	140,8	2009	76,9
1971	65,7	2010	84,9
1972	105,3	2011	101,4
1973	88	2012	70,4
1974	159,5	2013	75,6
1975	115	2014	89,9
1976	97	2015	62
1977	83	2016	62
1978	78	2017	64,7
1979	73,2	2018	97,8
1980	59,4	2019	113,2
1981	81,4	2020	54
1982	87	2021	50

O Tabela 2 apresenta as alturas pluviométricas mensais da série histórica e o número de dias chuvosos anuais (NDCA). Os dados brutos foram obtidos através do site <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>, tratados e organizados de maneira que pudessem ser dispostos em forma de quadro para facilitar a observação.

Tabela 2 - Alturas Pluviométricas mensais da estação Meteorológica 2649007

PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm)															
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual	NDCA	Total (mm)
1944	-	-	-	71,5	40,7	43,7	31,7	131,5	39,4	51,1	188,0	82,8	75,6	95	680,4
1945	175,2	351,1	43,7	134,2	32,3	71,9	99,9	36,0	110,6	113,5	43,4	140,6	112,7	157	1352,4
1946	219,0	295,2	212,4	62,9	107,6	206,5	122,3	160,4	42,8	251,5	52,7	95,7	152,4	178	1829,0
1947	141,4	162,1	165,2	21,3	142,7	75,0	114,9	119,5	162,8	174,7	84,0	153,1	126,4	209	1516,7
1948	186,8	290,4	146,7	57,0	255,3	1,6	126,9	152,2	76,8	121,3	48,6	30,2	124,5	166	1493,8
1949	93,9	122,4	270,5	159,3	27,3	113,4	10,0	113,1	77,7	84,8	123,3	105,5	108,4	125	1301,2
1950	246,7	97,9	264,0	74,5	68,0	45,0	23,7	83,8	117,7	191,2	44,1	147,3	117,0	114	1403,9
1951	210,4	249,9	80,5	48,3	23,3	34,7	55,2	-	64,1	242,8	80,6	140,4	111,8	109	1230,2
1952	116,9	137,9	150,8	48,2	34,3	137,9	47,9	30,9	132,5	207,7	77,8	199,3	110,2	162	1322,1
1953	143,6	89,3	182,8	82,2	143,0	4,2	73,7	58,3	70,5	230,9	74,4	136,5	107,5	174	1289,4
1954	184,2	172,8	134,9	238,6	188,0	97,6	129,5	29,4	107,0	234,7	37,8	97,8	137,7	192	1652,3
1955	102,2	190,0	110,8	116,9	138,0	90,9	152,4	67,8	98,5	31,4	70,2	120,7	107,5	175	1289,8
1956	152,6	123,2	93,2	122,4	147,4	91,9	53,2	40,5	121,5	120,4	19,3	180,9	105,5	185	1266,5
1957	109,6	107,3	109,4	169,4	117,2	124,0	226,6	238,8	283,2	94,2	172,1	189,3	161,8	193	1941,1
1958	179,9	258,4	242,7	106,2	70,4	96,6	62,9	77,1	153,6	179,5	107,9	309,4	153,7	165	1844,6
1959	309,9	182,5	139,5	203,4	63,7	40,3	27,5	100,2	198,7	94,9	107,5	96,5	130,4	162	1564,6
1960	314,7	294,2	238,7	76,1	82,1	37,7	25,9	229,6	84,7	115,3	255,5	128,0	156,9	166	1882,5
1961	75,8	249,8	151,3	97,6	99,0	100,4	41,5	20,3	315,7	193,1	281,8	182,0	150,7	181	1808,3
1962	121,2	105,9	254,4	47,0	91,4	45,0	93,0	22,0	159,6	156,4	79,8	98,8	106,2	151	1274,5
1963	236,1	249,1	214,9	32,6	7,6	34,0	30,0	51,2	208,9	232,7	222,0	110,9	135,8	160	1630,0
1964	80,6	74,7	233,3	104,6	67,3	110,8	93,0	45,6	101,2	71,8	51,5	126,1	96,7	153	1160,5
1965	208,5	186,6	156,2	184,3	197,7	60,4	143,3	117,1	83,1	49,4	142,9	241,1	147,6	183	1770,6
1966	236,5	304,6	120,9	151,1	56,0	109,1	25,6	71,4	85,8	190,4	54,7	211,6	134,8	183	1617,7
1967	182,1	306,7	109,2	39,8	30,2	94,5	143,6	48,9	130,1	79,8	201,1	147,6	126,1	179	1513,6
1968	112,8	85,9	71,3	43,1	26,0	49,4	59,0	75,6	110,4	152,6	37,3	95,8	76,6	149	919,2
1969	126,0	281,1	151,4	197,8	92,1	174,1	84,2	77,3	67,4	126,0	171,5	162,4	142,6	174	1711,3
1970	176,3	342,8	113,1	54,5	36,0	225,9	92,4	70,5	103,2	99,9	33,1	213,4	130,1	179	1561,1
1971	150,6	260,5	190,2	166,5	81,4	120,1	89,8	47,2	113,4	126,1	96,0	57,5	124,9	162	1499,3
1972	203,1	204,2	169,6	36,8	16,8	110,4	100,1	221,7	120,4	104,7	119,2	273,9	140,1	173	1680,9
1973	387,6	84,5	91,6	98,5	98,8	149,1	143,6	256,8	159,7	93,5	87,7	125,1	148,0	160	1776,5
1974	173,7	111,6	461,6	57,7	17,2	85,7	135,2	38,8	91,6	94,6	75,8	69,2	117,7	137	1412,7
1975	178,9	171,0	94,3	65,7	70,5	75,0	56,7	208,5	195,2	213,7	218,7	140,0	140,7	176	1688,2
1976	206,8	174,9	164,6	66,0	225,4	138,6	173,3	110,1	71,3	141,6	99,2	162,3	144,5	174	1734,1
1977	230,0	175,1	220,4	88,3	16,0	38,5	74,7	183,6	201,8	213,9	191,3	144,2	148,2	163	1777,8

CONSÓRCIO SOTEPA – PLANEJAR – SIE

1978	215,1	164,6	124,2	1,9	35,7	108,8	65,6	54,4	95,8	114,6	127,6	239,8	112,3	97	1348,1
1979	57,8	66,4	43,6	183,5	167,2	71,0	-	-	-	-	-	-	98,3	28	589,5
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	107,9	61,5	227,4	132,3	21	396,8
1981	117,9	118,7	147,8	50,7	38,6	28,2	131,2	33,3	63,5	141,8	66,3	130,7	89,1	87	1068,7
1982	84,5	307,0	176,3	69,4	112,5	132,1	71,1	86,3	23,1	195,4	244,4	148,7	137,6	153	1650,8
1983	272,4	154,8	190,4	115,8	263,8	168,3	542,2	82,4	207,9	91,4	138,3	307,8	211,3	193	2535,5
1984	194,7	166,6	197,1	154,8	82,8	131,1	88,4	274,2	118,3	86,0	176,0	75,0	145,4	147	1745,0
1985	48,1	262,9	182,2	200,5	38,0	34,2	91,8	6,7	128,0	126,3	101,8	98,2	109,9	123	1318,7
1986	167,5	210,0	117,4	179,9	83,5	29,0	46,6	86,5	130,3	140,2	173,3	82,8	120,6	134	1447,0
1987	230,2	300,7	69,5	103,6	170,5	129,1	92,5	131,9	101,6	157,1	35,9	112,7	136,3	158	1635,3
1988	185,2	80,7	177,5	105,8	188,6	87,5	7,9	7,5	165,1	95,5	78,0	123,0	108,5	137	1302,3
1989	575,8	151,6	181,0	90,4	101,9	50,8	109,0	53,7	160,7	58,6	56,1	133,7	143,6	149	1723,3
1990	354,8	131,0	226,0	168,0	95,0	116,1	179,0	185,3	203,5	174,2	109,5	160,0	175,2	95	2102,4
1991	145,6	147,6	138,0	92,3	64,1	171,4	34,4	126,6	82,9	205,4	255,1	220,0	140,3	121	1683,4
1992	293,7	310,0	150,4	75,8	430,6	109,9	174,0	125,1	91,9	45,4	118,4	53,5	164,9	117	1978,7
1993	301,0	378,3	187,4	69,7	110,5	117,2	116,7	7,2	269,3	113,9	78,6	234,4	165,4	176	1984,2
1994	125,1	365,0	266,0	113,0	179,6	114,2	209,9	16,6	23,8	142,3	91,7	158,8	150,5	167	1806,0
1995	454,7	213,6	84,7	42,9	4,5	131,0	131,7	50,4	193,4	110,0	60,7	179,0	138,1	163	1656,6
1996	217,2	267,5	159,3	86,3	8,6	194,5	108,5	80,1	242,8	105,0	80,8	197,7	145,7	169	1748,3
1997	339,9	241,9	59,3	32,3	77,8	129,6	89,1	103,8	126,2	292,3	268,4	160,3	160,1	168	1920,9
1998	376,9	222,3	288,5	201,0	30,6	70,0	154,4	266,1	304,7	181,1	68,6	181,3	195,5	189	2345,5
1999	210,6	186,7	173,7	83,8	59,2	72,0	152,9	12,4	140,2	204,6	122,0	95,3	126,1	166	1513,4
2000	222,1	260,7	207,9	38,2	42,7	95,1	41,6	70,2	178,7	133,5	58,7	218,7	130,7	152	1568,1
2001	228,0	170,4	209,0	123,3	172,2	144,5	98,3	71,8	158,5	165,2	94,9	115,3	146,0	153	1751,4
2002	135,9	94,4	86,4	133,0	37,7	48,7	43,3	112,7	141,3	146,8	136,8	126,3	103,6	145	1243,3
2003	109,6	71,5	317,3	-	23,5	115,8	64,0	12,1	95,2	117,3	53,9	194,4	106,8	119	1174,6
2004	161,9	185,2	86,2	104,4	132,2	69,1	201,4	41,8	122,9	194,9	101,4	124,4	127,2	133	1525,8
2005	171,6	71,4	54,7	168,8	167,4	79,7	102,8	164,8	293,1	152,1	82,3	93,2	133,5	115	1601,9
2006	138,3	82,9	129,8	7,9	16,1	26,2	62,9	46,0	64,3	94,0	137,1	183,5	82,4	9	989,0
2007	-	-	-	-	209,8	28,4	126,7	48,0	118,3	188,9	141,3	259,9	140,2	104	1121,3
2008	235,1	162,1	90,4	184,8	118,5	86,4	17,9	114,9	147,4	360,1	1001,2	166,7	223,8	192	2685,5
2009	281,7	198,5	78,4	49,2	62,4	39,3	190,2	200,0	282,2	159,3	242,6	99,9	157,0	176	1883,7
2010	374,8	127,9	182,2	226,9	180,4	149,8	121,7	82,8	80,1	138,3	135,3	270,0	172,5	159	2070,2
2011	422,6	276,6	296,5	114,3	104,9	79,6	213,3	372,9	248,7	132,7	49,1	144,2	204,6	189	2455,4
2012	357,6	115,9	156,9	159,5	126,1	161,3	204,2	26,3	65,9	116,5	44,8	122,8	138,2	142	1657,8
2013	88,2	152,2	133,1	126,1	118,6	216,3	158,0	138,5	224,4	130,0	98,2	115,8	141,6	176	1699,4
2014	209,4	181,4	288,8	52,5	90,7	344,4	65,0	105,5	185,7	79,9	152,7	187,0	161,9	166	1943,0
2015	259,9	270,0	165,7	92,2	182,3	145,0	158,4	24,4	216,2	291,0	160,2	186,0	179,3	195	2151,3
2016	103,5	215,2	218,3	116,1	95,8	72,6	66,1	179,5	57,3	206,2	122,3	222,1	139,6	170	1675,0
2017	241,6	133,2	115,1	107,8	208,4	172,3	5,9	74,1	69,5	99,2	173,6	138,5	128,3	165	1539,2
2018	199,3	92,3	225,1	83,8	48,4	87,0	12,3	61,2	172,8	148,7	91,3	225,7	120,7	148	1447,9
2019	295,0	319,2	104,5	115,0	164,0	65,3	66,9	24,6	133,9	92,1	181,8	108,4	139,2	164	1670,7
2020	203,0	195,0	83,3	55,0	31,9	160,5	102,9	107,3	44,8	46,2	130,3	244,8	117,1	156	1405,0
2021	327,4	112,4	137,3	36,9	109,8	138,6	31,0	41,9	112,3	133,6	63,9	79,5	110,4	174	1324,6

4 Processamento de Dados

4.1 Processamento de Dados Pluviométricos

A partir dos dados coletados da estação meteorológica influente na área de estudo, foram elaborados os gráficos do regime pluviométrico onde constam os histogramas das precipitações mínimas, médias e máximas mensais e do número de dias chuvosos anuais e mensais para o período de observação e que estão apresentados respectivamente nas figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

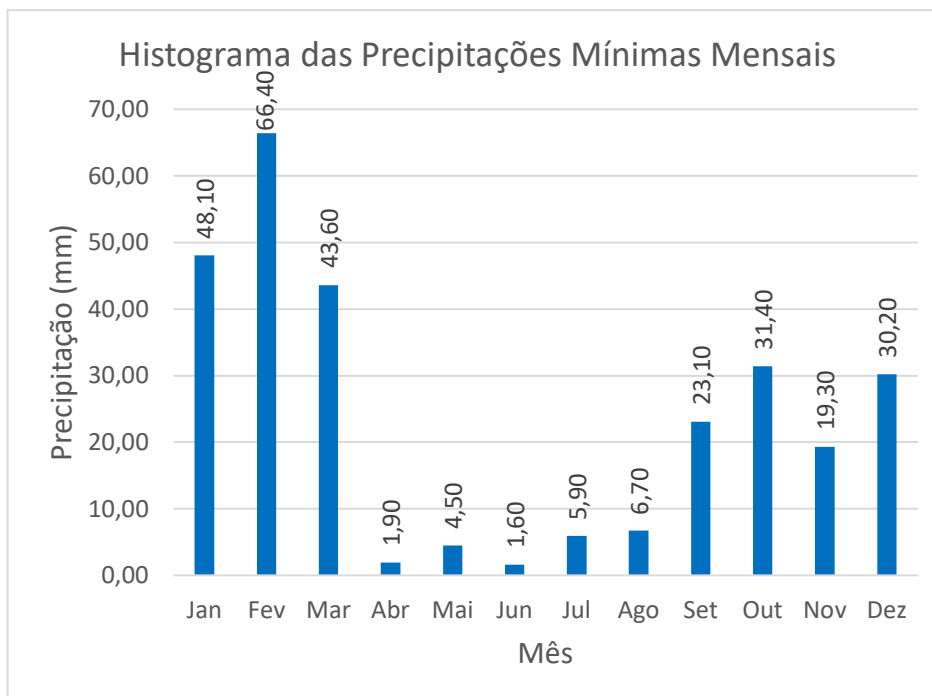


Figura 4 - Histograma das Precipitações Mínimas Mensais da Estação (Elaborado pelo Autor, Fonte dos dados: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>)

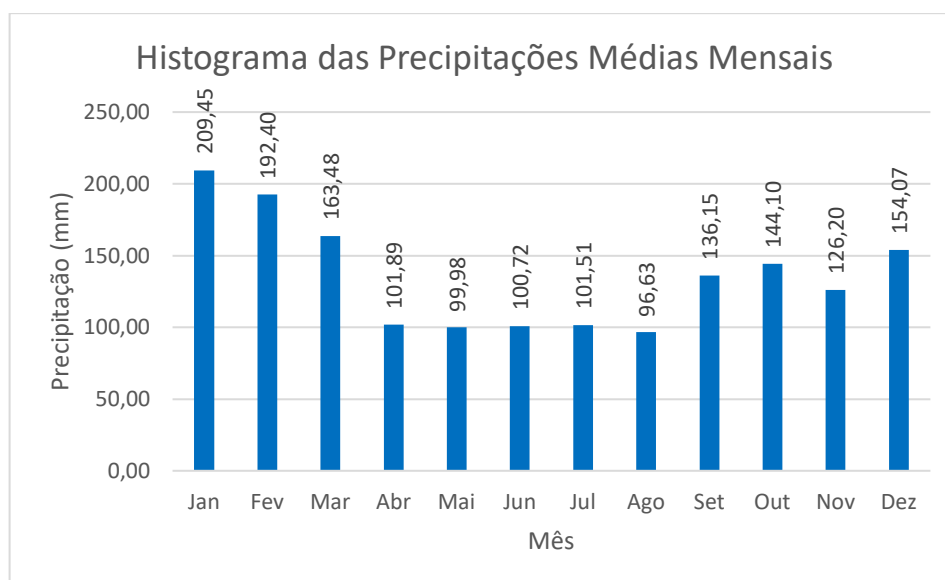


Figura 5 - Histograma das Precipitações Médias Mensais da Estação (Elaborado pelo Autor, Fonte dos dados: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>)

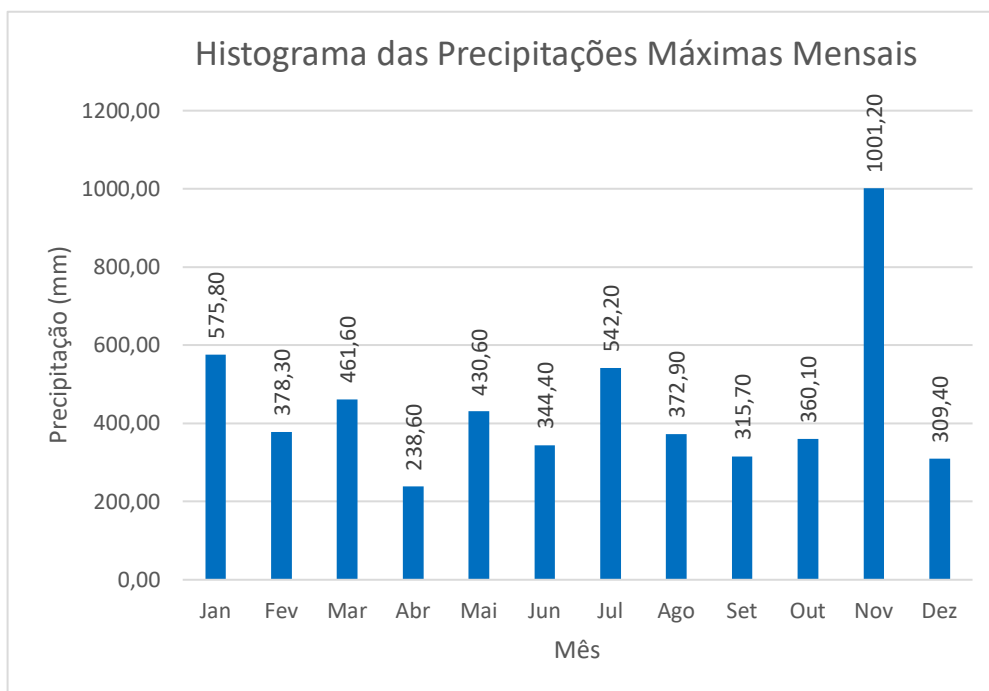


Figura 6 - Histograma das Precipitações Máximas Mensais da Estação (Elaborado pelo Autor, Fonte dos dados: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>)

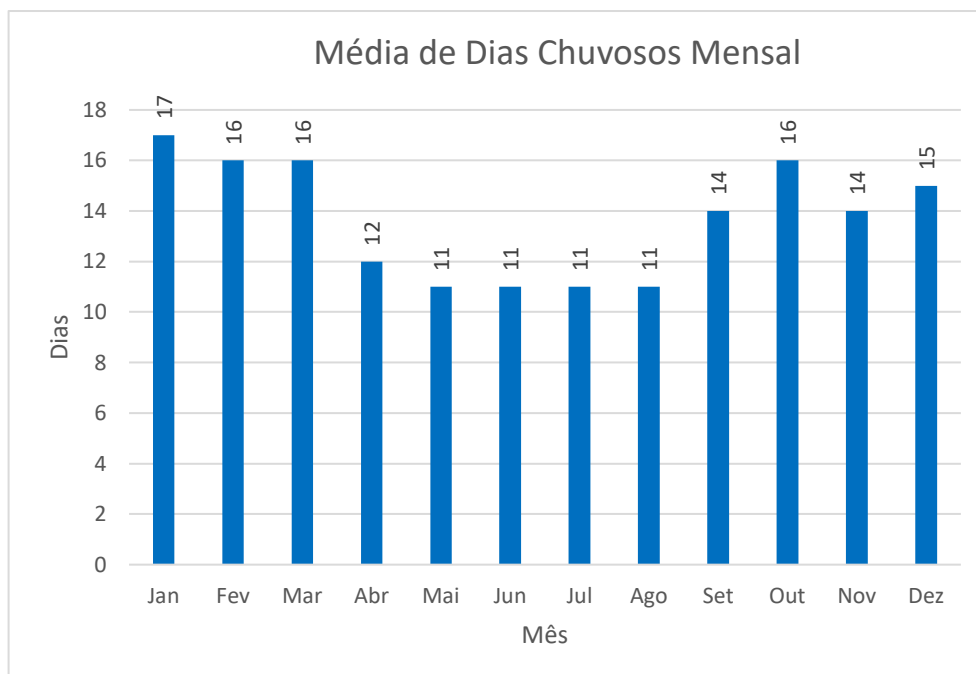


Figura 7 - Histograma do Número de Dias Chuvosos Mensais da Estação (Elaborado pelo Autor, Fonte dos dados: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>)

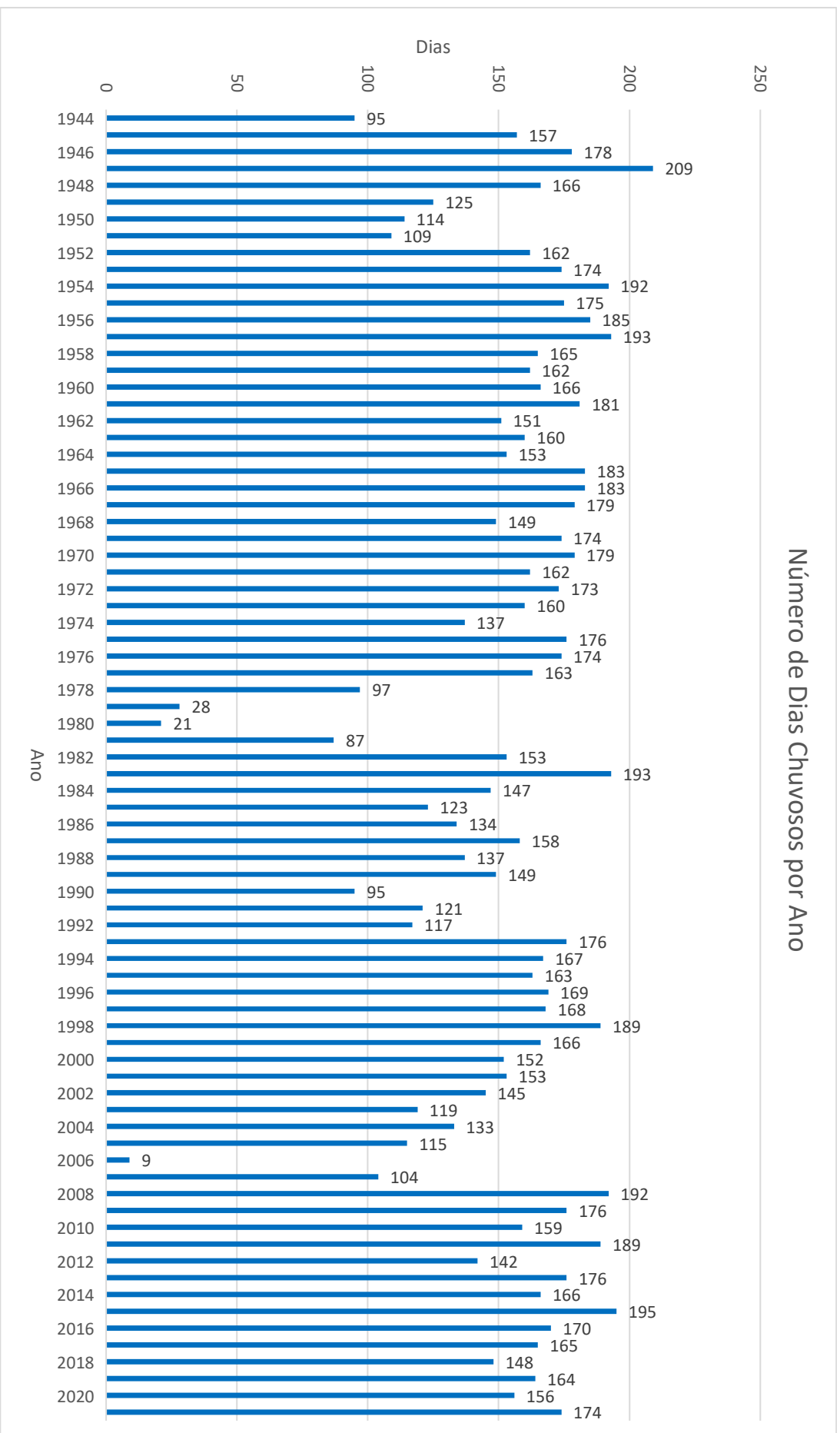


Figura 8 - Histograma do Número de Dias Chuvosos Anuais da Estação (Elaborado pelo Autor, Fonte dos dados:

<https://www.snirh.gov.br/hidroweb>)

Com base na série histórica de dados pluviométricos, foram determinadas as máximas intensidades pluviométricas em 24 horas de precipitação e, por meios estatísticos, ajustou-se a curva representativa das precipitações máximas, utilizando o método dos mínimos quadrados e de “Gumbel”. Na Figura 9 apresenta-se a distribuição das máximas precipitações em 24 horas anuais registradas na estação meteorológica.

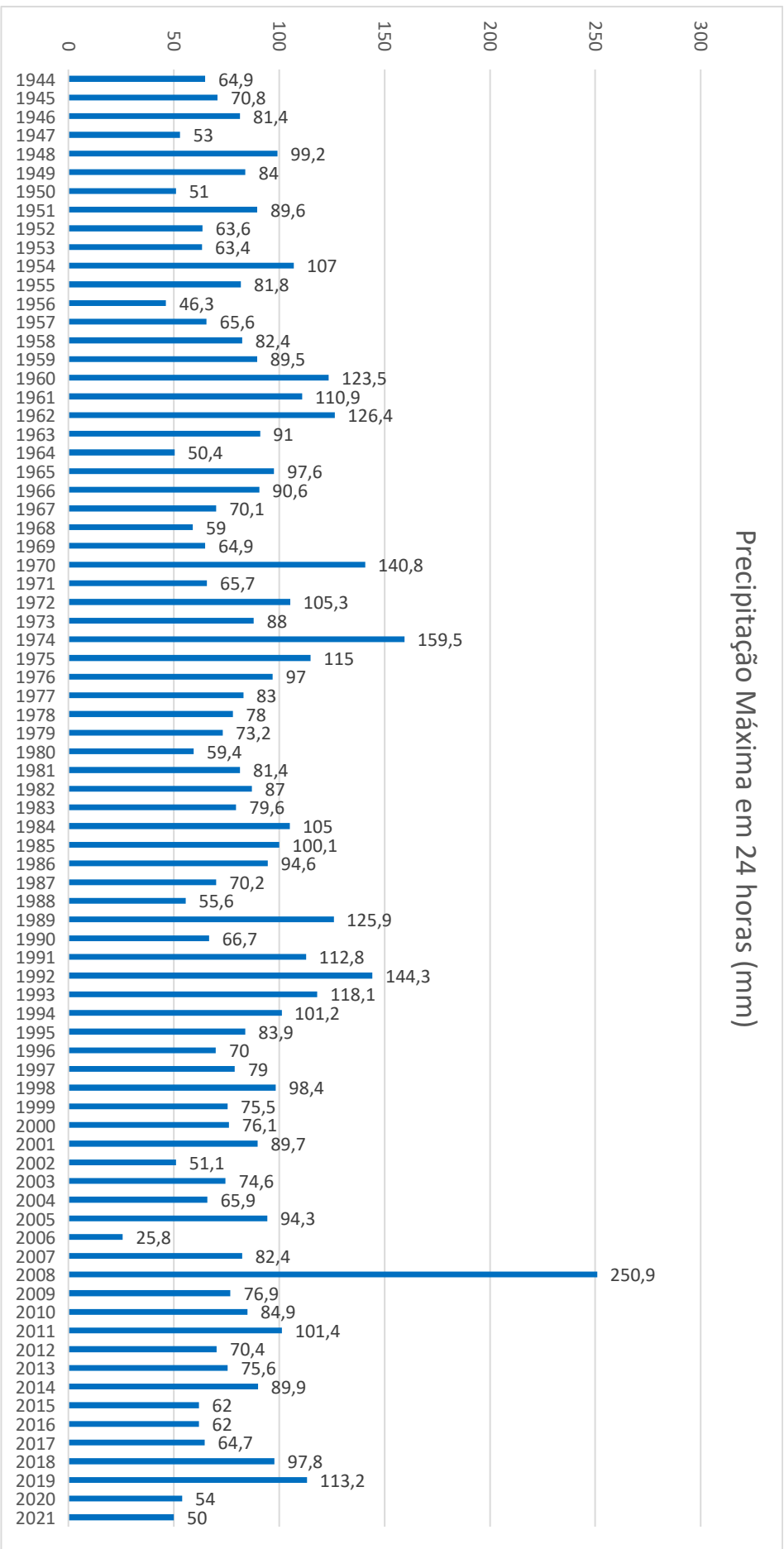


Figura 9 - Máximas Precipitações Anuais em 24h.

A relação obtida por “Gumbel” supõe que existam infinitos elementos. No cálculo, levou-se em consideração o número real de anos de observações utilizando-se a equação 1 proposta por Ven Te Chow:

$$H = X + K.S \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

H = altura pluviométrica esperada para o período de retorno desejado;

X = altura pluviométrica média;

S = desvio padrão da série anual; e,

K = fator de frequência que depende do número de amostras e do período de recorrência (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de "K" segundo Gumbel.

VALORES DE "K" CALCULADOS SEGUNDO A LEI DE GUMBEL													
Nº de eventos considerado	TR - Tempo de Recorrência em anos						Nº de eventos considerado	TR - Tempo de Recorrência em anos					
	5	10	15	25	50	100		5	10	15	25	50	100
20	0,919	1,625	2,018	2,517	3,179	3,836	51	0,772	1,406	1,786	2,251	2,849	3,443
21	0,911	1,613	2,004	2,500	3,157	3,810	52	0,738	1,367	1,770	2,248	2,845	3,439
22	0,905	1,603	1,992	2,484	3,138	3,787	53	0,703	1,327	1,753	2,246	2,842	3,435
23	0,899	1,593	1,980	2,470	3,121	3,766	54	0,668	1,288	1,737	2,244	2,839	3,432
24	0,893	1,584	1,969	2,457	3,104	3,747	55	0,634	1,248	1,721	2,242	2,836	3,428
25	0,888	1,575	1,958	2,444	3,088	3,729	56	0,599	1,208	1,705	2,239	2,833	3,425
26	0,883	1,566	1,949	2,432	3,074	3,711	57	0,564	1,169	1,689	2,237	2,830	3,421
27	0,879	1,560	1,941	2,422	3,061	3,696	58	0,529	1,129	1,672	2,235	2,826	3,417
28	0,874	1,553	1,932	2,412	3,048	3,681	59	0,495	1,090	1,656	2,232	2,823	3,414
29	0,870	1,547	1,924	2,402	3,037	3,667	60	0,460	1,050	1,640	2,230	2,820	3,410
30	0,866	1,541	1,917	2,393	3,026	3,653	61	0,460	1,049	1,639	2,229	2,818	3,408
31	0,863	1,535	1,910	2,385	3,015	3,641	62	0,459	1,048	1,638	2,227	2,817	3,406
32	0,860	1,530	1,904	2,377	3,005	3,629	63	0,459	1,048	1,637	2,226	2,815	3,404
33	0,856	1,525	1,897	2,369	2,996	3,618	64	0,458	1,047	1,636	2,224	2,813	3,402
34	0,853	1,520	1,892	2,362	2,987	3,609	65	0,458	1,046	1,635	2,223	2,812	3,400
35	0,851	1,516	1,886	2,354	2,977	3,598	66	0,457	1,045	1,633	2,222	2,810	3,398
36	0,848	1,511	1,881	2,349	2,971	3,588	67	0,457	1,044	1,632	2,220	2,808	3,396
37	0,845	1,507	1,876	2,344	2,963	3,579	68	0,456	1,044	1,631	2,219	2,807	3,394
38	0,843	1,503	1,871	2,338	2,957	3,571	69	0,456	1,043	1,630	2,217	2,805	3,392
39	0,840	1,499	1,867	2,331	2,950	3,563	70	0,455	1,042	1,629	2,216	2,803	3,390
40	0,838	1,495	1,862	2,326	2,943	3,554	71	0,455	1,042	1,628	2,215	2,802	3,388
41	0,836	1,492	1,856	2,321	2,936	3,547	72	0,454	1,041	1,627	2,214	2,800	3,386
42	0,834	1,489	1,854	2,316	2,930	3,539	73	0,454	1,041	1,627	2,212	2,798	3,384
43	0,832	1,485	1,850	2,311	2,924	3,532	74	0,453	1,040	1,626	2,211	2,797	3,382
44	0,830	1,482	1,846	2,307	2,919	3,526	75	0,453	1,040	1,625	2,210	2,795	3,380
45	0,828	1,478	1,842	2,303	2,913	3,519	76	0,453	1,04	1,624	2,209	2,793	3,378
46	0,826	1,476	1,839	2,298	2,908	3,513	77	0,452	1,039	1,623	2,208	2,792	3,376
47	0,824	1,474	1,836	2,294	2,903	3,507	78	0,452	1,039	1,623	2,206	2,790	3,374
48	0,823	1,471	1,832	2,290	2,898	3,501	79	0,451	1,038	1,622	2,205	2,788	3,372
49	0,821	1,469	1,830	2,287	2,894	3,498	80	0,451	1,038	1,621	2,204	2,787	3,370
50	0,820	1,466	1,827	2,283	2,889	3,490	81	0,45	1,037	1,620	2,203	2,785	3,368
51	0,818	1,464	1,824	2,280	2,885	3,486	82	0,449	1,036	1,619	2,201	2,783	3,366
52	0,817	1,462	1,821	2,276	2,881	3,481	83	0,449	1,036	1,618	2,200	2,782	3,364
53	0,815	1,459	1,818	2,273	2,875	3,474	84	0,448	1,035	1,617	2,198	2,780	3,362
54	0,814	1,457	1,816	2,270	2,270	3,471	85	0,447	1,034	1,616	2,197	2,778	3,36
55	0,813	1,455	1,813	2,267	2,869	3,467	86	0,446	1,033	1,614	2,196	2,777	3,358
56	0,812	1,453	1,811	2,264	2,865	3,462	87	0,445	1,032	1,613	2,194	2,775	3,356
57	0,810	1,451	1,809	2,261	2,862	3,458	88	0,445	1,032	1,612	2,193	2,773	3,354
58	0,809	1,449	1,806	2,258	2,858	3,454	89	0,444	1,031	1,611	2,191	2,772	3,352
59	0,808	1,448	1,804	2,256	2,855	3,450	90	0,443	1,030	1,610	2,190	2,770	3,350
60	0,807	1,446	1,802	2,253	2,852	3,446							

Para a estação meteorológica de 2649007 tem-se:

$$X = 86,0 \text{ mm}$$

$$S = 30,65654 \text{ mm}$$

$$n \text{ (número de observações)} = 77$$

$$H = 86,0 + 30,65654 * K \text{ Equação (1)}$$

Segundo o Tabela 3, para $n = 77$ e os diversos tempos de recorrência, obtêm-se K para aplicação na equação 1 conforme resultados apresentados no Quadro 4.

Tabela 4 - Altura Pluviométrica esperada para o Período de Retorno desejado

TR	K	H (mm)
5	0,792	110,26
10	1,422	129,57
15	1,777	140,46
25	2,218	153,97
50	2,808	172,07
100	3,395	190,04

Os valores calculados no Quadro 4 correspondem a “precipitações máximas de 1 dia”. Segundo Taborga, as alturas pluviométricas de 24 horas guardam uma relação constante e independente do período de retorno de 1,095 com a altura pluviométrica máxima diária, e, para as alturas de 1 hora e 0,1 hora pode-se identificar as isozonas de características iguais, definidas por Taborga (Figura 10).

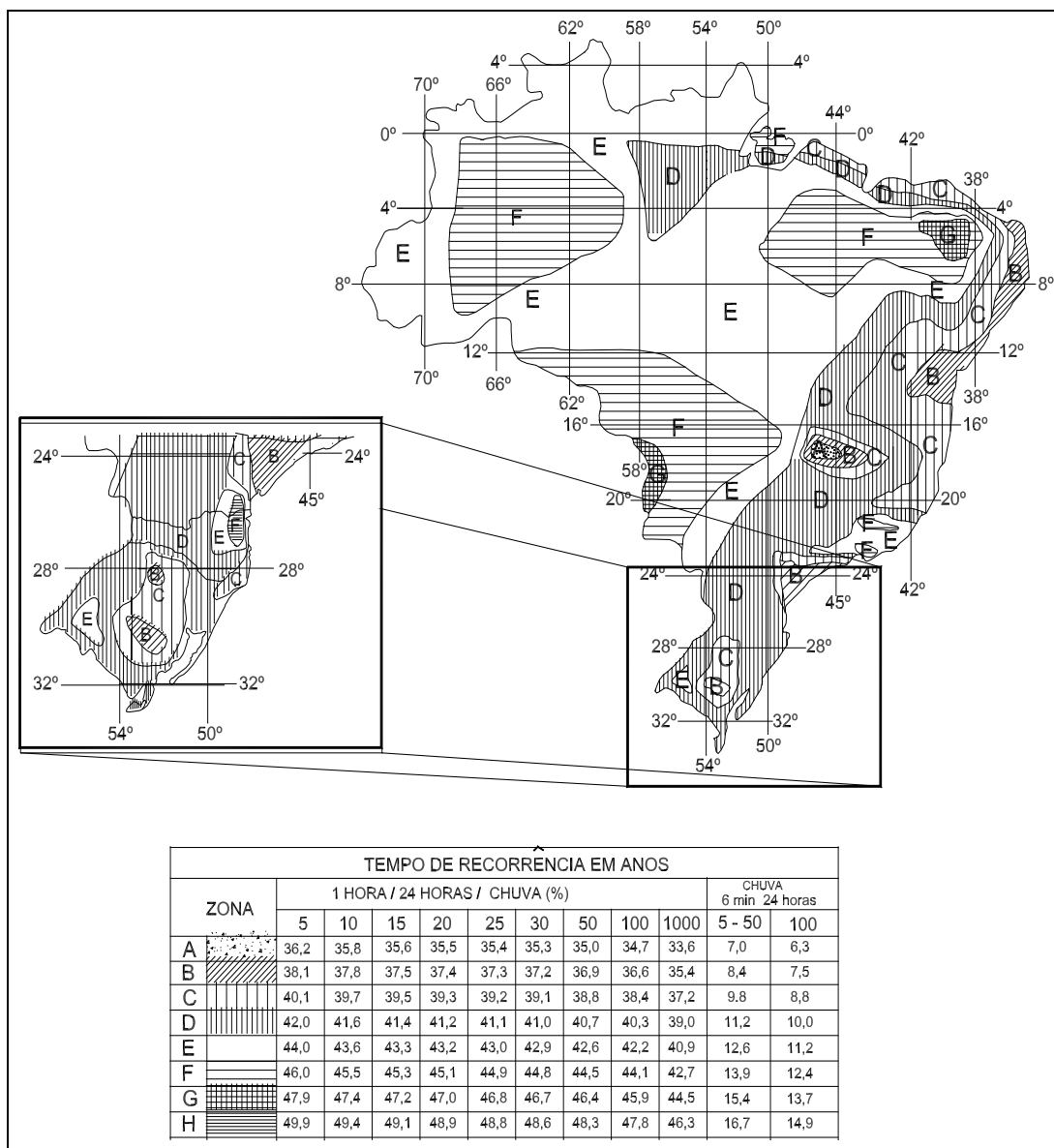


Figura 10 - Mapas de Isozonas propostas por Taborga Torrico

A estação meteorológica de Blumenau situa-se na Isozona “C” conforme pode-se constatar na Figura 10. Os fatores de conversão utilizados de acordo com método proposto por Taborga são apresentados no Tabela 5.

Tabela 5 - Fatores de Conversão para as Chuvas de 24h, 1h e 0,1h – Para a Isozona “C”

Isozona C	1 dia / 24h	1h / 24h (%)	0,1h / 24h (%)
TR = 5	1,095	40,1	8,8
TR = 10	1,095	39,7	8,8
TR = 15	1,095	39,5	8,8
TR = 25	1,095	39,2	8,8
TR = 50	1,095	38,6	8,8
TR = 100	1,095	38,4	8,5

O Tabela 6 apresenta as precipitações máximas esperadas para as chuvas de 24 h, 1,0 h e 0,1 h. A precipitação máxima em 24 h é obtida pelo produto da precipitação máxima diária (Tabela 4) e o fator de conversão (Tabela 5) para cada tempo de duração e período de recorrência correspondente.

As demais são obtidas pelo produto da precipitação máxima em 24h (Tabela 6) e os fatores de conversão apresentados no Quadro 5 para cada tempo de duração e período de recorrência correspondente.

Tabela 6 - Precipitações máximas esperadas para as chuvas de 24h, 1h e 0,1h em função do Tempo de Retorno desejado

TR	H 24h (mm)	H 1h (mm)	H 0,1h (mm)
5	120,73	48,41	10,62
10	141,88	56,32	12,49
15	153,81	60,75	13,53
25	168,59	66,09	14,84
50	188,41	72,73	16,58
100	208,09	79,91	17,69

A partir dos dados do Tabela 6 definiram-se as equações que regem a altura pluviométrica em função do tempo de duração para os intervalos de 0,1h a 1,0h e 1,0h a 24h conforme ilustram as figuras 11 e 12.

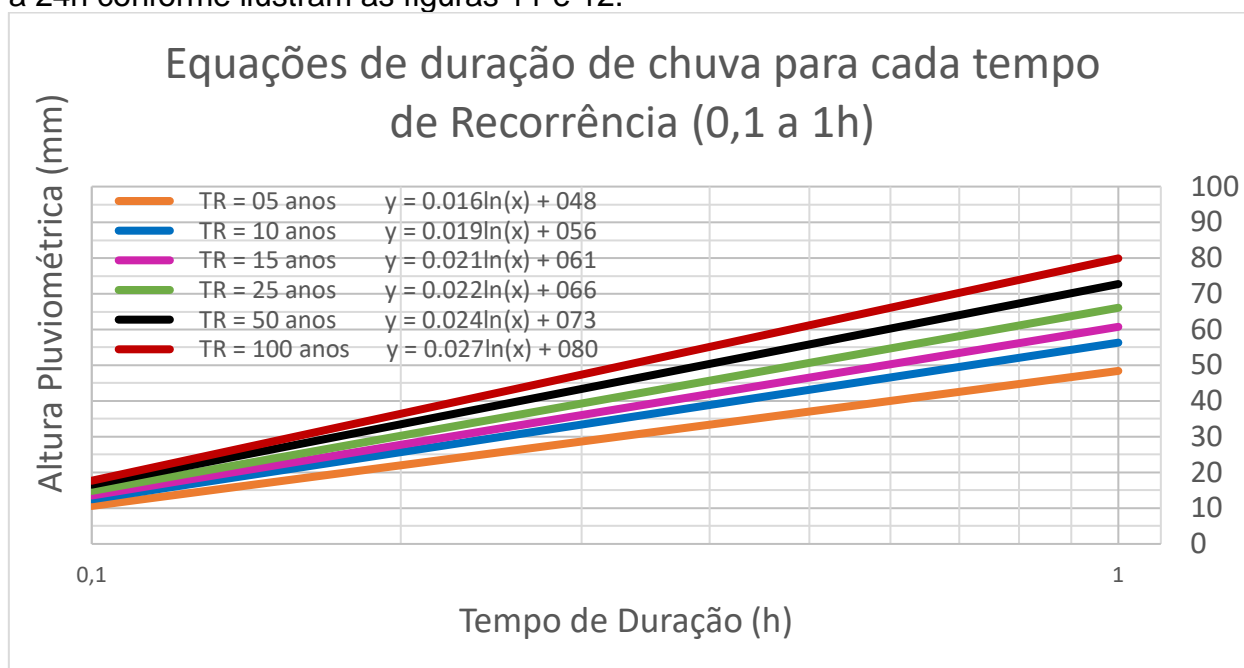


Figura 11 - Altura Pluviométrica para duração de chuva entre 0,1h e 1h

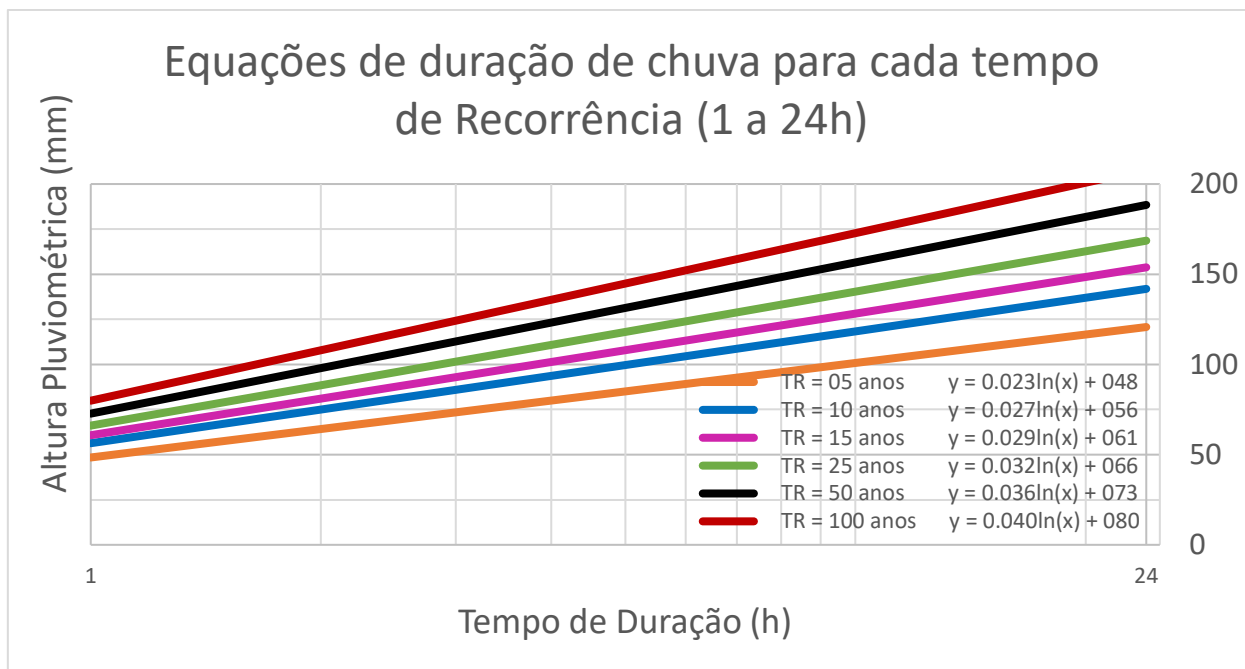


Figura 12 - Altura Pluviométrica para duração de chuva entre 1h e 24h

Com as equações apresentadas nas Figura 11 e 12 determinou-se as alturas pluviométricas e intensidades de chuva para os diversos tempos de duração e períodos de recorrência conforme apresentados no Tabela 7.

Tabela 7 - Alturas (h) e intensidades (I) pluviométricas para diversos tempos de duração de chuva

Tempo de Duração (h)	TR = 05 anos		TR = 10 anos		TR = 15 anos		TR = 25 anos		TR = 50 anos		TR = 100 anos	
	h (mm)	I (mm/h)	h (mm)	I (mm/h)	h (mm)	I (mm/h)	h (mm)	I (mm/h)	h (mm)	I (mm/h)	h (mm)	I (mm/h)
0,1	10,62	106,24	12,49	124,85	13,53	135,35	14,84	148,36	16,58	165,81	17,69	176,88
0,2	22,00	110,00	25,68	128,41	27,75	138,75	30,26	151,32	33,48	167,41	36,42	182,09
0,3	28,65	95,51	33,40	111,34	36,06	120,21	39,29	130,97	43,37	144,57	47,37	157,91
0,4	33,37	83,44	38,88	97,20	41,96	104,91	45,69	114,23	50,38	125,96	55,15	137,87
0,5	37,04	74,07	43,13	86,26	46,54	93,08	50,66	101,32	55,83	111,65	61,18	122,35
0,6	40,03	66,72	46,60	77,66	50,28	83,80	54,72	91,20	60,27	100,45	66,10	110,17
0,7	42,56	60,80	49,53	70,76	53,44	76,34	58,15	83,07	64,03	91,47	70,27	100,38
0,8	44,75	55,94	52,08	65,10	56,18	70,22	61,12	76,40	67,29	84,11	73,88	92,35
0,9	46,68	51,87	54,32	60,35	58,59	65,10	63,74	70,83	70,16	77,95	77,06	85,62
1	48,41	48,41	56,32	56,32	60,75	60,75	66,09	66,09	72,73	72,73	79,91	79,91
2	64,19	32,09	74,98	37,49	81,05	40,52	88,45	44,22	97,96	48,98	107,86	53,93
3	73,41	24,47	85,90	28,63	92,92	30,97	101,52	33,84	112,72	37,57	124,22	41,41
4	79,96	19,99	93,64	23,41	101,34	25,34	110,80	27,70	123,19	30,80	135,82	33,96
5	85,04	17,01	99,65	19,93	107,88	21,58	118,00	23,60	131,31	26,26	144,82	28,96
6	89,18	14,86	104,56	17,43	113,22	18,87	123,88	20,65	137,95	22,99	152,17	25,36
7	92,69	13,24	108,71	15,53	117,73	16,82	128,85	18,41	143,56	20,51	158,39	22,63
8	95,73	11,97	112,30	14,04	121,64	15,20	133,16	16,64	148,42	18,55	163,78	20,47
9	98,41	10,93	115,47	12,83	125,09	13,90	136,96	15,22	152,71	16,97	168,53	18,73
10	100,81	10,08	118,31	11,83	128,17	12,82	140,36	14,04	156,55	15,65	172,78	17,28
11	102,98	9,36	120,87	10,99	130,96	11,91	143,43	13,04	160,02	14,55	176,62	16,06
12	104,96	8,75	123,22	10,27	133,51	11,13	146,24	12,19	163,18	13,60	180,13	15,01
13	106,78	8,21	125,37	9,64	135,85	10,45	148,82	11,45	166,10	12,78	183,36	14,10
14	108,46	7,75	127,37	9,10	138,02	9,86	151,21	10,80	168,79	12,06	186,35	13,31
15	110,03	7,34	129,22	8,61	140,04	9,34	153,43	10,23	171,31	11,42	189,13	12,61
16	111,50	6,97	130,96	8,19	141,93	8,87	155,52	9,72	173,66	10,85	191,74	11,98
17	112,88	6,64	132,59	7,80	143,71	8,45	157,47	9,26	175,86	10,34	194,18	11,42
18	114,18	6,34	134,13	7,45	145,38	8,08	159,31	8,85	177,94	9,89	196,49	10,92
19	115,41	6,07	135,59	7,14	146,97	7,74	161,06	8,48	179,91	9,47	198,67	10,46
20	116,58	5,83	136,97	6,85	148,47	7,42	162,71	8,14	181,78	9,09	200,74	10,04
21	117,69	5,60	138,28	6,58	149,90	7,14	164,29	7,82	183,55	8,74	202,70	9,65
22	118,75	5,40	139,53	6,34	151,26	6,88	165,79	7,54	185,25	8,42	204,58	9,30
23	119,76	5,21	140,73	6,12	152,56	6,63	167,22	7,27	186,87	8,12	206,37	8,97
24	120,73	5,03	141,88	5,91	153,81	6,41	168,59	7,02	188,41	7,85	208,09	8,67

As curvas de intensidade-duração-frequência e de altura-duração-frequência são resultantes dos dados que compõem o Tabela 7, que substitui a incógnita “x” das equações da chuva com o respectivo tempo de duração da precipitação. As Figuras 13 e 14 apresentam as referidas curvas.

Curva Altura-Duração-Frequência

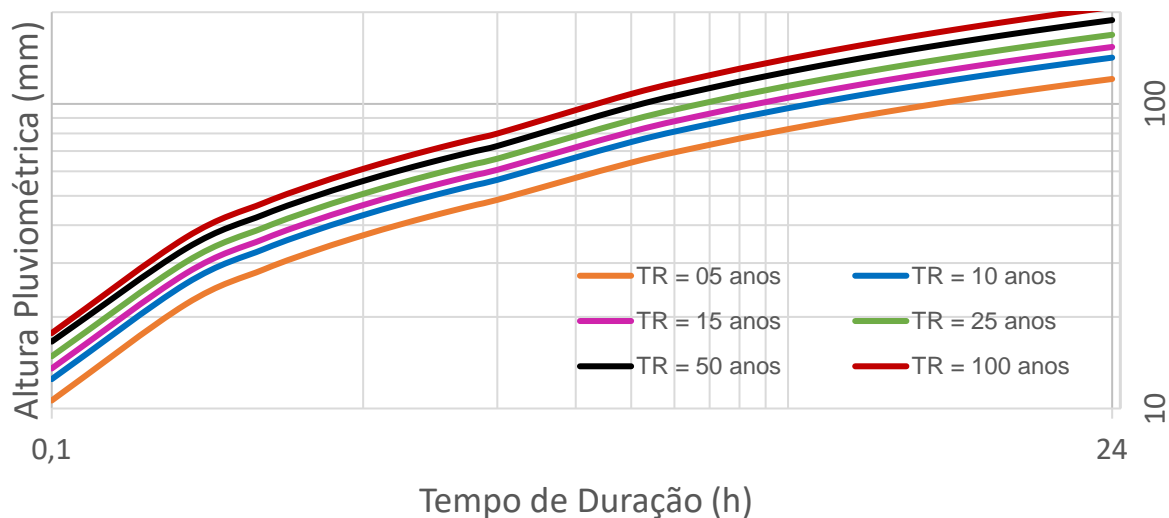


Figura 13 - Curva de Altura-Duração-Frequência da Estação Meteorológica em estudo

Curv Intensidade-Duração-Frequência

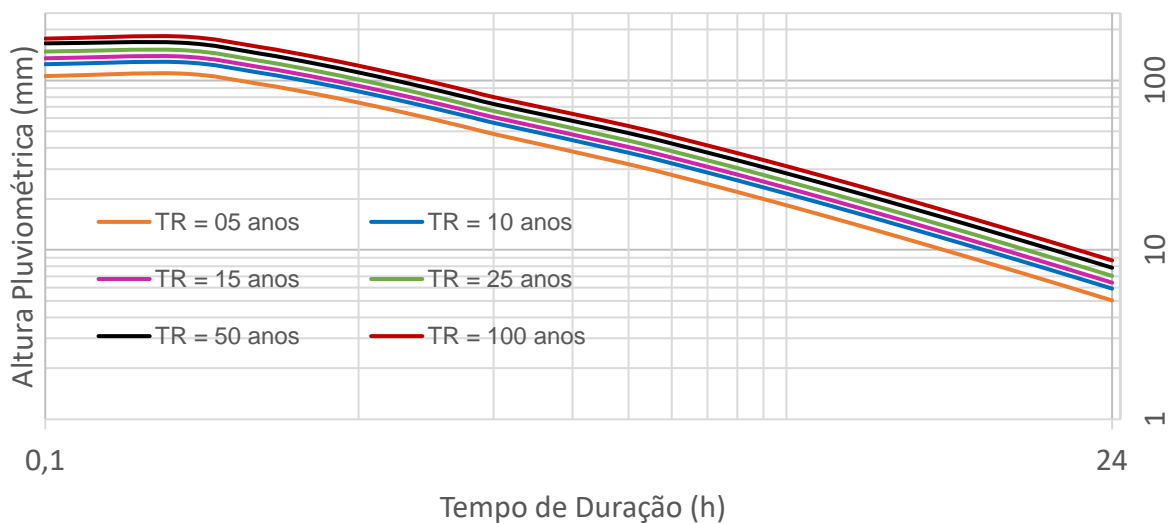


Figura 14- Curva de Intensidade-Duração-Frequência da Estação Meteorológica em estudo

4. Fluviométrico

4.1 Escolha das Estações Fluviométricas

A partir do portal Hidroweb – ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), da Agência Nacional de Águas (ANA) – que oferece acesso ao banco de dados contendo todas informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), foram pesquisadas estações fluviométricas nas bacias dos rios Itajaí-Açu e Itajaí-Mirim que abrangem as regiões do estudo.

A partir da consulta, levantou-se as estações mais próximas nos rios mencionados:

Rio Itajaí-Açu

- Estação Ilhota (83860000);
- Estação Ilhota – Montante (83859998), com registros de apenas 11 meses entre 1987 e 1989;
- Estação Gaspar (Montante ETA) (83840000), com registros entre os anos de 1927 e 2021;

Rio Itajaí-Mirim

- Estação Brusque, no bairro Limoeiro (83905000), não contém registros;
- Estação Brusque (PCD) (83900000), com registros entre os anos de 1929 e 2022.

As estações Gaspar (Montante ETA) e Brusque (PCD) foram selecionadas para comporem o estudo tendo em vista a proximidade aos locais estudados, posição ao fluxo dos rios e, ainda, levando em consideração os tipos e período de dados disponíveis, idealmente maior que 30 anos.

A seguir, os principais dados das estações, conforme a plataforma Hidroweb (ANA):

Dados Estação

Código	83840000
Nome Estação	GASPAR (MONTANTE ETA)
Código Adicional	
Bacia	8 - ATLÂNTICO, TRECHO SUDESTE
SubBacia	83 - RIO ITAJAÍ-AÇU
Rio	RIO ITAJAÍ-AÇU
Estado	SANTA CATARINA
Município	GASPAR
Responsável	ANA
Operadora	EPAGRI-SC
Latitude	-26.9264
Longitude	-48.9642
Altitude (m)	12
Área de Drenagem (Km²)	12141

Figura 15 - Dados da Estação 83840000 (Fonte: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>)

Dados Estação

Código	83900000
Nome Estação	BRUSQUE (PCD)
Código Adicional	
Bacia	8 - ATLÂNTICO, TRECHO SUDESTE
SubBacia	83 - RIO ITAJAÍ-AÇU
Rio	RIO ITAJAÍ-MIRIM
Estado	SANTA CATARINA
Município	BRUSQUE
Responsável	ANA
Operadora	EPAGRI-SC
Latitude	-27.1006
Longitude	-48.9167
Altitude (m)	21
Área de Drenagem (Km²)	1240

Figura 16 - Dados da Estação 83900000 (Fonte: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>)



Figura 17 - Localização da Estação 83840000 e do ponto de estudo no Rio Itajaí-Açu.



Figura 18 - Localização da Estação 83900000 e do ponto de estudo no Rio Itajaí-Mirim.

4.2 Período de Recorrência

A IS-203: Estudos Hidrológicos indica os seguintes períodos de recorrência para os tipos de obras abaixo classificadas:

Tabela 8 – Tempos de recorrência recomendados para dispositivos de drenagem

Espécie	Período de Recorrência (anos)
Drenagem superficial	5 a 10
Drenagem subsuperficial	10
Bueiro tubular (como orifício)	25
Bueiro celular (como orifício)	50
Pontilhão	50
Ponte	100

A IS-203: Estudos Hidrológicos do DNIT e a IS 06/98 do DEINFRA, atual SIE, indicam para o projeto de pontes o período de recorrência de 100 anos.

4.3 Estimativa da Vazão

4.3.1 Tempo de Concentração

A partir da delimitação da bacia hidrográfica dos rios Itajaí-Açu e Itajaí-Mirim, com a exultória no local da ponte projetada no cruzamento com o traçado da Rodovia Viamar, definiram-se os parâmetros:

A = área de drenagem em ha;

L = comprimento do talvegue mais extenso, em metros e,

i = declividade média do talvegue principal, em %.

O tempo de concentração foi determinado a partir dos referidos parâmetros, através do emprego da fórmula sugerida pelo, então, DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento, que é uma das fórmulas indicadas no Manual de Hidrologia do DNIT:

$$tc = \frac{10}{K} * \frac{A^{0,3} * L^{0,2}}{i^{0,4}}$$

tc = tempo de concentração, em minutos e,

K = coeficiente adimensional que depende das características das bacias (tabela 1)

Tabela 9: Valores do coeficiente “K”

CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS	"K"
Terreno areno-argiloso coberto de vegetação intensa, elevada absorção	2
Terreno argiloso coberto de vegetação, absorção média apreciável	3
Terreno argiloso coberto de vegetação, absorção média	4
Terreno com vegetação média, pouca absorção	4,5
Terreno com rocha, escassa vegetação, baixa absorção	5
Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção	5,5

4.3.2 Método do Hidrograma Triangular Sintético

O método do Hidrograma Triangular Sintético foi preconizado pelo *U. S. Soil Conservation Service* (1952), para estimativa de vazão de bacias com áreas superiores a 10 km².

O método consiste num processo indireto que leva em conta as características físicas, climáticas e hidrológicas das bacias, utilizando para tanto uma configuração simplificada triangular dos fluxogramas, guardando as relações básicas entre seus diversos componentes hidrológicos.

A aplicação do método ocorre mediante a determinação dos seguintes parâmetros:

Duração do Excesso de Chuva (escoamento direto), em horas:

$$De = 2 * tc^{0,5}$$

onde:

De = tempo de duração do excesso de chuva

tc = tempo de concentração da bacia, em horas

Para o cálculo do tempo de concentração é utilizado a mesma fórmula apresentada no dimensionamento pelo método racional.

Tempo de Pico:

$$tp = tc^{0,5} + 0,6 * tc$$

onde:

tc = tempo de concentração da bacia, em horas

0,6 tc = tempo de retardamento do pico, em horas

S - Valor adimensional, função das características da bacia (dada pelo coeficiente CN), calculado pela expressão:

$$S = \frac{1000 - 10 * CN}{CN}$$

A tabela abaixo apresenta os valores de CN em função das características da cobertura do solo.

Tabela 10: Valores de CN para cada tipo de uso do solo

UTILIZAÇÃO OU COBERTURA DO SOLO (CN)		TIPO DE SOLO						
		A	B	C	D			
Zonas Cultiváveis	Sem medidas de conservação do solo	72	81	88	91			
	Com medidas de conservação do solo	62	71	78	81			
Pastagens ou Baldios	Em más condições	68	79	86	89			
	Em boas condições	39	61	74	80			
Prados em boas condições		30	58	71	78			
Bosques ou Zonas Florestais	Cobertura má, sem matéria orgânica	45	66	77	83			
Espaços Abertos, Relvados, Parques, Campos de Golfe, Cemitérios	Boa cobertura	25	55	70	77			
	Boas condições (relva em mais de 75%)	39	61	74	80			
	Condições razoáveis (relva entre 50% e 75%)	49	69	79	84			
Zonas Comerciais e de Escritórios	85% de área impermeável	89	92	94	95			
Zonas Industriais	72% da área impermeável	8	88	91	93			
Zonas Residenciais	Área Média dos Lotes (m ²)	< 500	% média impermeável	65 %	77	85	90	92
		1000		38 %	61	75	83	87
		1300		30 %	57	72	81	84
		2000		25 %	54	70	80	85
		4000		20 %	51	68	79	84
Parques de Estacionamento, Telhados, Viadutos, Etc.		98	98	98	98			
Arruamentos e Estradas	Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98			
	Gravilha	76	85	89	91			
	Terra	72	82	87	89			
Observações:								

- O solo tipo A tem o mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveis, com pouco silte e argila.
- O solo tipo B tem uma capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento. Inclui solos arenosos.
- O solo tipo C tem uma capacidade de infiltração abaixo da média após a pré-saturação. Contém porcentagem considerável de argila colóide.
- O solo tipo D tem o mais alto potencial de deflúvio. Terrenos argilosos quase impermeáveis junto à superfície.

Fonte: DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SANTA CATARINA. Instrução de serviço para estudo hidrológico, IS-06. Santa Catarina: setembro, 1998. p. A-5 – tabela 3.

P - Precipitação:

- Obtido da Equação da Curva Intensidade x Duração x Frequência
- Período de Retorno = 100 anos
- Tempo de duração do excesso da chuva (De)

Escoamento Superficial, em polegadas:

$$Q = \frac{(P - 0,25 * S)^2}{P + 0,85 * S}$$

onde:

Q = escoamento (deflúvio) superficial, em polegadas;

P = precipitação, em polegadas;

S = valor adimensional, função das características da bacia (dada pelo coeficiente CN);

Descarga de Pico:

$$Qp = \frac{0,208 * A * q}{tp}$$

onde:

Qp = descarga máxima ou vazão de pico, em m³/s;

q = escoamento superficial, em mm produzido pelo excesso de chuva de duração De;

A = área da bacia em km²;

tp = tempo de pico ou ascensão, em horas.

4.4 Métodos Estatísticos

4.4.1 Método de Gumbel

De acordo com Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (Publicação IPR – 715, DNIT, 2005), com base na teoria dos valores extremos aplicados a amostras ocasionais, Gumbel demonstrou que, à medida que o número de vazões máximas anuais tende ao infinito, a probabilidade “P” de uma determinada vazão ser excedida por um valor da variável aleatória é dada pela seguinte equação — válida para um número infinito de observações:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

Onde:

P = probabilidade de não ocorrerem descargas maiores;

e = base dos logaritmos neperianos;

y = variável reduzida. Para TR = 25 anos, y = 3,1985. Para TR = 12,5 anos y = 2,4843.

Na prática, como o número de anos de observação é finito, utiliza-se a equação proposta por Ven Te Chow, que mostrou que a maioria das distribuições de frequência utilizadas em Hidrologia pode ser representada pela seguinte fórmula geral:

$$Q_{(t)} = \bar{Q} + \sigma K_{(t)}$$

onde:

$Q_{(t)}$ = descarga máxima para o tempo de recorrência previsto;

\bar{Q} = descarga média obtida da série disponível;

σ = desvio-padrão da amostra;

$K_{(t)}$ = fator de frequência, que depende do número de amostras e do tempo de recorrência.

A média das vazões é calculada por:

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q}{n}$$

onde:

\bar{Q} = descarga média obtida da série disponível;

$\sum Q$ = somatório das vazões máximas anuais;

n = número de anos de observação.

O desvio-padrão é obtido por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(Q - \bar{Q})^2}{n - 1}}$$

onde:

$\sum(Q - \bar{Q})^2$ = somatório dos quadrados dos desvios em relação à média.

O fator de frequência $K_{(t)}$ é determinado por:

$$K_{(t)} = \frac{y - yn}{\sigma_n}$$

onde:

y = variável reduzida associada ao tempo de retorno;

yn = média aritmética da variável reduzida para uma amostra com n elementos;

σ_n = desvio-padrão da variável reduzida.

Segundo a equação de Gumbel, e considerando que o tempo de retorno (TR) é o inverso da probabilidade (P), a variável reduzida y pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$y = -L_n[L_n * TR - L_n(TR - 1)]$$

onde:

L_n = base dos logaritmos neperianos;

TR = tempo de recorrência em anos.

A média da variável reduzida (Yn) é dada por:

$$yn = \frac{\sum y}{n}$$

e seu desvio-padrão (σ_n) por:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum (y - yn)^2}{n}}$$

A probabilidade de não excedência de uma determinada vazão, expressa em porcentagem, bem como o tempo de retorno correspondente, podem ser obtidos por:

$$p = 100 \left(1 - \frac{m}{n-1}\right) \text{ e } TR = \frac{100}{100-p}$$

onde:

m = número de ordem da série anual, organizada de forma decrescente.

Embora seja comum utilizar representações gráficas para visualizar os resultados, essas não são indispensáveis ao cálculo das vazões para diferentes tempos de retorno. Os gráficos são úteis principalmente para avaliar a qualidade do ajuste estatístico, ou seja, a dispersão dos dados observados em relação à linha teórica ajustada.

4.4.2 Método de Hazen

Segundo Hazen, as descargas máximas anuais observadas em um curso d'água seguem, quando representadas em escala logarítmica, a distribuição de frequência normal de Gauss. Dessa forma, com base nos registros fluviométricos de um posto, é possível organizar uma série de máximas anuais, ordenadas de forma decrescente, associando a cada uma, seu número de ordem. A partir disso, os tempos de recorrência podem ser calculados utilizando a seguinte expressão:

$$TR = \frac{n}{m - \frac{1}{2}}$$

onde:

n = número de anos de observação;

m = número de ordem da descarga.

A probabilidade de uma dada descarga ser igualada ou excedida é determinada pela fórmula:

$$p = \frac{100}{TR}$$

onde:

p = probabilidade, em porcentagem, de ser igualada ou superada determinada cheia;

TR = tempo de recorrência.

Essa probabilidade pode ser representada graficamente em função das descargas máximas observadas, em um gráfico construído segundo o critério proposto por Hazen. Nesse gráfico, as descargas são plotadas no eixo das ordenadas, em escala logarítmica, enquanto os tempos de recorrência e as respectivas probabilidades de superação são posicionados no eixo das abscissas, com uma graduação tal que as distâncias representem proporcionalmente as frequências acumuladas de uma distribuição normal de Gauss.

As descargas de projeto, ou os pontos que auxiliam na construção da curva média de ajustamento para diferentes tempos de retorno e suas respectivas probabilidades de ocorrência ou superação, devem ser estimadas por meio da seguinte expressão:

$$Q_{(t)} = \bar{Q} + \sigma K$$

onde:

$Q_{(t)}$ = descarga máxima esperada para determinado tempo de recorrência,

σ = desvio padrão;

K = valores que decorrem da deformação de uma distribuição de probabilidade logarítmica normal.

A média das descargas e o desvio padrão são obtidos com as seguintes fórmulas:

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q}{n} \text{ e } \sigma = \sqrt{\frac{\sum(\bar{Q}-Q)^2}{n-1}}$$

onde:

\bar{Q} = média aritmética das descargas;

ΣQ = somatório das descargas;

n = número de anos de observação;

σ = desvio padrão;

$\Sigma(\bar{Q}-Q)^2$ = somatório dos quadrados das diferenças entre a média e o valor pontual.

Para ajustar a curva média ao conjunto de dados, Hazen propôs a utilização de valores específicos para o fator K. Esses valores resultam da transformação de uma distribuição normal em uma distribuição logarítmica normal modificada, representada graficamente por uma linha reta. Tal modificação é feita por meio da adição ou subtração de uma constante às descargas da distribuição original, alterando apenas a média e o desvio-padrão, mas mantendo inalterados os coeficientes de variação e de assimetria. O resultado é uma nova distribuição estatística com propriedades logarítmicas.

Os coeficientes de variação e assimetria são determinados pelas seguintes expressões:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{Q}} \text{ e } CA = \frac{n\Sigma(\bar{Q}-Q)^3}{(n-1)(n-2)\sigma^3}$$

onde:

CV = coeficiente de variação;

CA = coeficiente de assimetria.

Considerando que um valor estatisticamente confiável para o coeficiente de assimetria só é obtido com séries superiores a 140 anos de observação, Hazen recomendou uma correção para esse coeficiente. Essa correção é feita multiplicando-se o coeficiente de assimetria pelo fator $F = 1 + 8,5/n$, onde n é o número de observações. Isso gera o coeficiente de assimetria corrigido:

$$CS = CA \left(1 + \frac{8,5}{n} \right)$$

Com o coeficiente de assimetria corrigido, pode-se calcular os pontos de ajustamento da curva média utilizando a equação da descarga máxima. Para isso, utiliza-se a tabela abaixo que fornece os valores de “K” associados aos diversos tempos de recorrência e probabilidades de superação.

Tabela 11: Valores de “K” para TR e Probabilidades

CS	Termos acima da média (%)	Probabilidade de ser excedido (%)									Coeficiente de Variação
		99 (-)	95 (-)	80 (-)	50 (-)	20 (+)	5 (+)	1 (+)	0.1 (+)	0.01 (+)	
0,0	50,00	2,32	1,64	0,84	0,00	0,84	1,64	2,32	3,09	3,72	0,00
0,1	49,40	2,25	1,62	0,85	0,02	0,84	1,67	2,40	3,24	3,96	0,03
0,2	48,70	2,18	1,59	0,85	0,03	0,83	1,71	2,48	3,39	4,20	0,06
0,3	48,10	2,12	1,56	0,85	0,05	0,83	1,74	2,56	3,55	4,45	0,10
0,4	47,50	2,05	1,53	0,85	0,06	0,82	1,76	2,64	3,72	4,72	0,13
0,5	46,90	1,99	1,50	0,85	0,08	0,82	1,79	2,72	3,90	5,00	0,16
0,6	46,30	1,92	1,47	0,85	0,09	0,81	1,81	2,80	4,08	5,30	0,20
0,7	45,60	1,86	1,44	0,85	0,11	0,80	1,84	2,89	4,28	5,64	0,23
0,8	45,00	1,80	1,41	0,85	0,12	0,79	1,86	2,97	4,48	6,00	0,26
0,9	44,40	1,73	1,38	0,85	0,14	0,77	1,88	3,06	4,69	6,37	0,30
1,0	43,70	1,68	1,34	0,84	0,15	0,76	1,90	3,15	4,92	6,77	0,33
1,1	43,10	1,62	1,31	0,84	0,17	0,75	1,92	3,24	5,16	7,23	0,37
1,2	42,50	1,56	1,28	0,83	0,18	0,74	1,94	3,33	5,40	7,66	0,41
1,3	41,90	1,51	1,25	0,83	0,19	0,72	1,96	3,41	5,64	8,16	0,44
1,4	41,30	1,46	1,22	0,82	0,20	0,71	1,98	3,50	5,91	8,66	0,48
1,5	40,70	1,41	1,19	0,81	0,22	0,69	1,99	3,59	6,18	9,16	0,51
1,6	40,10	1,36	1,16	0,81	0,23	0,67	2,01	3,69	6,48	9,79	0,55
1,7	39,50	1,32	1,13	0,80	0,24	0,66	2,02	3,78	6,77	10,40	0,59
1,8	38,90	1,27	1,10	0,79	0,25	0,64	2,03	3,88	7,09	11,07	0,62
1,9	38,30	1,23	1,07	0,78	0,26	0,62	2,04	3,98	7,42	11,83	0,66
2,0	37,70	1,19	1,05	0,77	0,27	0,61	2,05	4,07	7,76	12,60	0,70
2,1	37,10	1,15	1,02	0,76	0,28	0,59	2,06	4,17	8,13	13,35	0,74
2,2	36,50	1,11	0,99	0,75	0,29	0,57	2,07	4,27	8,54	14,30	0,78
2,3	35,90	1,07	0,96	0,74	0,30	0,55	2,07	4,37	8,95	15,25	0,82
2,4	35,30	1,03	0,94	0,73	0,31	0,53	2,08	4,48	9,35	-	0,86
2,5	34,70	1,00	0,91	0,72	0,31	0,51	2,08	4,58	9,75	-	0,90
2,6	34,10	0,97	0,89	0,71	0,32	0,49	2,09	4,68	10,15	-	0,94
2,7	33,50	0,94	0,86	0,69	0,33	0,47	2,09	4,78	10,65	-	0,98
2,8	32,90	0,91	0,84	0,68	0,33	0,45	2,09	4,88	11,20	-	1,03
2,9	33,30	0,87	0,82	0,67	0,34	0,43	2,09	5,01	11,75	-	1,08
3,0	31,80	0,84	0,79	0,66	0,34	0,41	2,08	5,11	12,30	-	1,12
3,2	30,60	0,78	0,74	0,64	0,35	0,37	2,06	5,35	13,50	-	1,22
3,4	29,40	0,73	0,69	0,61	0,36	0,32	2,04	5,58	-	-	1,33
3,5	28,10	0,67	0,65	0,58	0,36	0,28	2,02	5,80	-	-	1,44
3,8	27,00	0,62	0,61	0,55	0,36	0,23	1,98	6,10	-	-	1,57
4,0	25,70	0,58	0,56	0,52	0,36	0,19	1,95	6,50	-	-	1,70
4,5	22,20	0,48	0,47	0,45	0,35	0,10	1,79	7,30	-	-	2,10
5,0	19,20	0,40	0,40	0,39	0,34	0,00	1,60	8,20	-	-	2,10
TEMPO DE RECORRÊNCIA		1,01	1,05	1,25	2	5	20	100	1.000	10.000	

Método de Log-Pearson Tipo III (LP-III)

A distribuição Log-Pearson Tipo III (LP-III) é uma adaptação da distribuição Pearson Tipo III, na qual se aplicam logaritmos às descargas, mantendo-se o mesmo processo de ajustamento estatístico utilizado na distribuição original.

A função de distribuição de probabilidade da LP-III é expressa por:

$$f(x) = p \left(1 + \frac{x}{a} \right)^{-\frac{cx}{a}}$$

onde:

x = desvios da variável em relação à moda;

a e c = parâmetros obtidos dos dados amostrais;

Na aplicação prática, utiliza-se a função de distribuição acumulada, definida por:

$$\log Q_{(t)} = \bar{X} + K\sigma$$

onde:

Q = descarga máxima para o tempo de recorrência previsto;

\bar{X} = média dos logaritmos das descargas da série disponível;

σ = desvio padrão dos logaritmos das descargas da série disponível;

K = fator de frequência, função do coeficiente de assimetria e da probabilidade de não exceder em %, cujos valores são apresentados nas Tabelas 4, e 5.

A média dos logaritmos das vazões é calculada pela seguinte equação:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

onde:

$\sum X$ = somatório dos logaritmos das descargas da série de máximas anuais; e

n = número de anos de observação.

O desvio padrão dos logaritmos das descargas é obtido com:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

onde:

$\sum X^2$ = somatório dos quadrados dos logaritmos das descargas;

$(\sum X)^2$ = somatório dos logaritmos elevado ao quadrado;

n = número de anos de observação.

O cálculo do coeficiente de assimetria dos logaritmos segue a expressão:

$$CA = \frac{n^2(\sum X^3) - 3n(\sum X)(\sum X^2) + 2(\sum X^3)}{n(n-1)(n-2)\sigma^3}$$

onde:

CA = coeficiente de assimetria;

$\sum X^3$ = somatório dos cubos dos logaritmos das descargas;

$(\sum X)^3$ = somatório dos logaritmos das descargas elevado ao cubo.

Como no método de Hazen, considerando que séries com pequeno número de observações tendem a fornecer coeficientes de assimetria instáveis, aplica-se uma correção por meio do fator $F = 1 + 8,5/n$, resultando no coeficiente de assimetria corrigido:

$$CS = CA \left(1 + \frac{8,5}{n} \right)$$

A probabilidade de não excedência de uma determinada descarga, bem como o tempo de recorrência correspondente, pode ser determinada pelas fórmulas:

$$p = 100 \left(1 - \frac{m}{n-1} \right) \% \text{ e } TR = \left(\frac{1}{100-p} \right) * 100$$

onde:

m = número de ordem da série anual, organizada de forma decrescente.

Aplicando a distribuição de Log-Pearson Tipo III, transforma-se o domínio logarítmico de volta para o domínio real das vazões:

$$Q = 10^{\bar{X} + K * \sigma}$$

Para avaliar a qualidade do ajustamento da distribuição LP-III aos dados observados, os valores calculados são representados graficamente em papel log-normal. Nesse gráfico, as descargas ocupam o eixo das ordenadas (em escala logarítmica), enquanto a probabilidade de não excedência — associada aos tempos de recorrência — é colocada no eixo das abscissas.

A forma da curva de ajustamento estatístico depende diretamente do valor do coeficiente de assimetria. Quando esse valor é nulo, a curva se apresenta como uma reta. Se o coeficiente de assimetria for positivo, a curva terá concavidade voltada para cima; se for negativo, a concavidade será voltada para baixo.

4.5 Estimativa da Vazão da ponte projetada sobre o rio Itajaí-Mirim

A estação fluviométrica Brusque PCD, localizada no rio Itajaí-Mirim, apresenta uma série histórica de vazões entre 1929 e 2022, totalizando 90 anos de observação, visto que o período entre 1991 e 1994 foram ignorados por falta de dados históricos.

A estação fluviométrica estudada ainda opera, mas com limitações de registros conforme relatado.

Na tabela 12 está presente a série histórica dos valores máximos diários mensais e as máximas diárias anuais de vazões.

Tabela 12 – Valores Máximos Diários Mensais e Anuais de Vazões na Estação

VAZÕES MÁXIMAS MENSAIS (m³/s)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX. ANUAIS
1929	-	-	-	-	-	126,4	16,7	33,3	33,7	190,6	43,2	16,2	190,6
1930	105,4	75,3	54,1	12,5	21,2	17,0	19,7	39,9	38,7	77,8	58,1	32,5	105,4
1931	100,5	41,7	43,2	141,7	256,3	71,4	65,9	58,3	355,2	44,2	38,7	57,8	355,2
1932	45,8	59,4	41,2	40,4	272,1	43,5	28,4	35,0	185,4	165,9	87,7	136,3	272,1
1933	31,3	60,8	33,7	38,9	59,7	25,2	23,2	34,5	145,7	204,8	33,3	27,1	204,8
1934	74,5	169,2	59,2	39,7	28,6	17,0	41,7	46,0	53,6	134,8	32,8	35,5	169,2
1935	36,2	20,4	38,7	55,2	14,6	47,8	18,9	76,7	174,3	182,8	51,2	37,9	182,8
1936	66,2	31,3	19,7	28,9	28,6	126,4	31,6	268,2	91,7	66,2	67,3	57,0	268,2
1937	27,6	37,7	91,4	108,2	164,2	26,0	18,4	65,6	33,3	151,2	61,3	27,9	164,2
1938	61,3	56,7	39,9	48,6	43,7	106,1	36,9	32,5	19,4	37,7	36,0	33,0	106,1
1939	53,0	64,5	39,4	21,7	32,0	89,7	31,0	20,9	61,3	81,2	338,8	57,8	338,8
1940	124,9	87,1	31,0	62,4	106,1	14,8	168,4	171,7	32,5	190,6	69,5	44,2	190,6
1941	36,7	45,0	81,2	41,9	68,9	62,9	18,7	69,7	37,2	50,4	103,3	39,2	103,3
1942	58,3	121,2	56,5	37,9	43,2	93,2	40,7	35,2	16,5	16,0	17,2	60,2	121,2
1943	22,4	33,5	49,9	12,9	61,0	46,3	217,5	317,4	63,5	78,6	45,3	32,8	317,4
1944	94,4	79,5	72,8	36,2	17,0	18,4	14,6	40,9	23,2	39,9	63,5	11,3	94,4
1945	15,8	86,9	31,0	72,8	19,4	14,6	35,2	12,5	85,4	44,2	10,4	42,2	86,9
1946	41,9	150,4	83,4	37,2	48,9	63,7	79,2	149,6	31,0	82,6	46,0	33,5	150,4
1947	34,2	53,0	60,0	15,8	37,2	26,8	53,6	50,4	71,7	249,5	36,2	157,7	249,5
1948	64,8	112,5	81,5	65,6	315,3	33,7	122,7	223,0	41,4	34,7	34,2	14,8	315,3
1949	26,8	67,5	128,7	92,3	25,1	87,0	16,8	34,6	48,9	24,6	32,1	17,2	128,7
1950	150,4	42,5	157,7	27,7	45,1	30,1	24,1	75,4	59,1	175,1	18,4	48,3	175,1
1951	52,3	39,9	70,9	24,1	12,0	12,2	39,2	8,6	13,1	106,1	22,5	28,9	106,1
1952	74,3	30,4	16,8	10,8	15,0	54,2	38,4	12,4	48,3	136,3	54,2	26,7	136,3
1953	37,6	28,7	17,5	11,8	19,0	12,2	19,5	15,0	32,6	174,3	177,7	27,2	177,7
1954	42,0	71,4	53,4	188,0	122,7	45,7	90,6	23,4	49,4	496,7	33,4	31,4	496,7
1955	23,7	28,4	27,2	33,6	108,2	56,1	79,4	42,3	92,6	16,1	23,7	61,9	108,2
1956	64,4	82,3	20,9	38,4	64,4	25,8	25,3	43,8	105,4	73,7	58,9	97,1	105,4
1957	58,3	80,9	31,4	83,8	61,3	39,2	178,5	280,2	209,3	118,2	93,4	41,1	280,2
1958	46,7	70,3	203,0	45,3	22,9	97,0	31,2	55,5	85,6	86,6	112,4	46,4	203,0
1959	42,8	55,2	45,6	100,3	47,3	23,8	17,8	39,2	90,9	44,2	43,9	38,2	100,3
1960	52,8	238,0	188,0	60,8	45,0	24,3	22,5	189,7	54,3	59,5	162,6	47,6	238,0
1961	54,3	56,7	85,6	43,3	32,5	46,7	22,5	15,2	198,5	114,3	502,9	82,1	502,9
1962	48,7	47,6	120,9	22,1	65,8	22,5	43,9	23,8	118,2	31,7	36,1	35,3	120,9
1963	98,5	152,8	110,1	42,8	15,8	18,8	29,3	17,6	262,2	93,0	195,9	46,2	262,2
1964	28,8	20,1	51,9	26,2	49,6	18,2	36,3	22,1	58,3	67,4	-	24,1	67,4
1965	19,9	23,8	-	53,1	69,7	28,5	38,2	109,0	74,0	-	98,1	118,6	118,6
1966	110,9	185,3	122,4	174,8	77,8	-	-	-	-	-	-	-	185,3
1967	-	203,4	61,2	34,1	23,8	-	-	-	117,4	56,3	50,4	94,9	203,4
1968	26,3	34,5	21,3	18,0	10,6	18,3	15,4	12,9	48,8	60,0	57,9	78,2	78,2
1969	94,0	82,2	106,7	166,1	25,1	132,4	124,4	55,1	41,7	26,7	62,4	36,2	166,1
1970	76,9	44,6	49,2	37,3	35,9	53,1	122,9	54,3	26,3	35,2	21,6	68,3	122,9
1971	77,3	44,3	136,5	138,1	105,8	135,5	127,9	39,5	82,2	36,2	25,1	18,6	138,1
1972	31,7	174,3	38,0	19,2	11,4	99,6	43,5	338,8	86,2	79,1	82,2	168,8	338,8
1973	111,6	76,0	34,8	30,0	65,3	-	-	226,7	80,4	49,6	63,3	36,9	226,7
1974	135,5	84,0	200,6	30,0	16,3	36,2	67,4	27,7	67,4	25,7	69,6	11,9	200,6
1975	53,1	30,0	34,8	12,9	54,2	35,5	53,6	104,7	165,9	310,0	102,6	233,3	310,0
1976	106,8	68,4	77,0	27,9	171,7	181,9	209,3	255,4	63,2	41,2	42,7	82,0	255,4
1977	165,9	156,9	37,8	39,3	20,3	13,6	33,2	439,2	93,8	185,4	290,3	44,7	439,2
1978	83,3	42,7	113,9	13,0	13,0	28,3	45,7	15,3	108,2	67,8	55,3	456,0	456,0
1979	24,6	30,5	15,9	190,6	208,4	26,6	27,0	46,2	119,0	224,0	80,7	39,7	224,0
1980	65,5	60,3	91,1	73,3	21,8	54,2	203,9	214,7	101,2	153,6	72,7	280,2	280,2
1981	70,2	40,2	85,9	26,6	25,0	20,3	30,1	17,7	17,3	292,4	63,7	142,5	292,4
1982	44,7	198,5	70,8	26,6	56,9	97,8	46,2	40,2	30,9	118,3	157,7	53,6	198,5
1983	239,0	212,0	276,1	83,3	500,4	223,0	523,2	371,9	250,5	52,6	55,8	264,2	523,2
1984	73,9	145,7	70,8	46,2	98,5	188,0	66,3	-	-	-	-	46,5	188,0
1985	39,2	90,1	69,3	76,7	51,8	24,3	66,3	18,7	33,5	55,0	99,9	31,9	99,9
1986	33,5	34,3	28,8	28,1	41,3	28,1	19,7	28,8	39,2	163,4	193,2	65,9	193,2

1987	99,2	91,2	20,8	34,3	137,1	64,4	28,1	81,8	47,8	113,9	19,7	32,7	137,1
1988	39,7	41,3	22,2	19,4	40,9	44,8	13,8	8,9	55,5	22,9	12,6	13,2	55,5
1989	148,0	63,9	56,9	53,7	116,8	13,2	39,2	33,1	122,7	21,1	18,0	105,4	148,0
1990	152,0	41,8	51,8	40,9	115,4	-	-	-	-	-	-	-	152,0
1995	-	-	49,4	21,0	16,0	55,6	79,2	66,7	105,6	55,6	17,5	44,1	105,6
1996	108,2	75,1	131,5	41,4	15,4	57,6	98,8	64,5	119,1	75,1	27,7	45,3	131,5
1997	258,8	426,1	54,3	20,0	21,3	30,3	47,0	43,6	48,2	226,5	421,5	59,6	426,1
1998	176,4	166,5	127,0	398,7	62,4	68,5	55,2	155,9	166,5	117,8	54,1	216,5	398,7
1999	42,1	118,5	34,8	42,6	27,2	64,0	79,9	19,1	47,1	158,6	46,1	41,1	158,6
2000	81,8	107,5	46,1	27,2	19,4	18,5	41,1	16,5	78,1	111,8	36,5	37,4	111,8
2001	61,3	89,5	127,0	99,7	243,9	120,8	98,3	26,8	152,5	380,8	56,4	59,6	380,8
2002	69,7	28,7	58,0	161,2	39,3	37,9	69,7	149,9	83,7	64,0	94,9	65,1	161,2
2003	33,1	69,1	66,8	14,9	17,1	25,4	31,5	9,9	16,0	45,1	58,6	205,4	205,4
2004	-	-	-	19,4	56,4	104,6	64,0	18,5	222,7	120,8	72,6	36,1	222,7
2005	113,3	31,0	23,6	42,6	185,0	31,5	73,2	122,4	200,4	110,4	73,2	49,2	200,4
2006	107,5	37,9	9,9	7,8	7,6	6,9	16,8	16,3	14,9	25,7	43,6	37,0	107,5
2007	73,8	65,1	75,6	13,9	201,4	26,4	120,8	100,4	85,0	84,3	139,9	27,2	201,4
2008	46,6	55,2	44,6	56,4	97,6	13,9	11,8	16,0	74,4	144,9	295,5	58,6	295,5
2009	95,8	23,0	88,5	23,4	12,0	12,3	114,6	156,9	218,4	108,9	75,7	47,8	218,4
2010	69,0	43,7	70,2	302,7	164,3	132,5	69,6	144,1	51,0	59,2	58,6	116,1	302,7
2011	66,7	130,9	204,8	67,5	57,9	90,9	134,1	357,4	637,2	68,0	57,9	47,8	637,2
2012	252,5	97,7	31,6	101,5	80,6	67,5	104,1	99,6	21,5	95,2	26,0	44,9	252,5
2013	35,0	62,1	261,2	97,1	43,5	126,3	134,1	92,7	363,0	66,9	28,8	49,3	363,0
2014	145,7	69,2	65,3	26,4	41,2	313,2	69,7	47,3	215,7	243,8	68,6	66,9	313,2
2015	43,5	57,3	102,8	45,4	165,9	166,7	92,1	34,6	155,3	591,1	181,1	124,2	591,1
2016	70,3	57,3	123,6	116,0	90,2	42,1	128,4	139,7	66,9	122,6	29,8	54,6	139,7
2017	80,0	42,1	42,1	22,5	237,1	366,3	18,5	46,2	12,1	51,9	66,3	29,8	366,3
2018	223,0	37,2	186,3	122,6	20,1	69,8	12,7	22,1	198,5	41,4	41,4	52,1	223,0
2019	75,8	70,1	37,4	62,9	289,3	137,5	17,9	11,8	52,7	62,3	61,2	27,1	289,3
2020	63,7	69,2	12,3	15,2	7,5	85,2	70,9	103,7	34,9	17,6	27,5	187,1	187,1
2021	165,0	61,0	47,9	20,4	38,6	100,0	32,2	20,4	47,9	241,9	70,3	27,9	241,9

Na tabela 13 está presente a série histórica dos valores mínimos diários mensais e as mínimas diárias anuais de cotas.

VAZÕES MÍNIMAS MENSAIS (m³/s)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX. ANUAIS
1929	-	-	-	-	-	9,1	12,5	11,1	14,8	15,8	14,8	11,3	9,1
1930	13,4	22,4	12,9	9,1	10,0	9,3	9,3	10,0	11,6	11,1	21,2	14,8	9,1
1931	26,8	28,4	24,0	17,7	42,7	50,4	34,2	28,4	31,6	23,7	17,4	21,9	17,4
1932	20,7	26,3	11,6	15,0	13,6	12,9	9,8	14,8	19,7	18,4	16,7	29,7	9,8
1933	17,9	21,4	11,1	22,2	24,7	15,3	13,2	10,9	28,9	29,2	23,2	19,7	10,9
1934	18,4	33,7	23,7	25,8	14,3	12,7	12,2	25,5	31,3	24,0	14,1	14,8	12,2
1935	14,6	13,6	14,8	15,0	9,5	9,1	12,0	11,3	9,5	22,2	17,7	10,7	9,1
1936	15,0	13,9	9,1	9,1	9,3	11,8	12,5	13,6	30,0	27,9	15,3	10,0	9,1
1937	9,8	12,2	7,0	18,4	17,2	10,4	10,7	10,7	13,6	24,2	17,0	13,6	7,0
1938	11,3	24,7	15,0	12,5	8,0	12,9	11,8	10,0	10,2	11,1	12,0	10,4	8,0
1939	5,3	11,1	11,8	10,7	13,4	11,1	12,0	9,5	15,5	12,5	11,1	19,7	5,3
1940	17,0	29,2	12,5	12,2	12,0	10,2	9,5	10,0	12,5	11,6	13,2	18,7	9,5
1941	15,3	18,7	13,9	10,7	11,8	19,9	9,3	10,7	10,2	10,7	9,8	13,6	9,3
1942	12,5	12,7	11,3	12,7	11,3	11,1	10,9	9,8	8,7	7,6	5,9	6,1	5,9
1943	5,7	8,5	6,1	5,5	4,5	12,2	9,8	21,9	21,7	18,4	12,7	10,7	4,5
1944	10,2	12,2	13,2	10,9	8,0	7,4	7,4	6,3	7,0	5,9	8,2	5,9	5,9
1945	4,2	7,4	8,5	8,0	7,8	5,9	6,3	5,5	6,8	7,8	5,3	5,5	4,2
1946	10,0	17,0	13,9	12,7	11,1	10,9	19,4	11,3	12,7	11,1	12,2	10,2	10,0
1947	10,7	10,9	16,7	10,4	10,0	8,0	10,2	12,5	14,1	22,2	16,2	16,5	8,0
1948	15,3	19,2	20,4	17,0	17,0	19,7	18,2	22,9	17,9	15,0	14,6	9,8	9,8
1949	9,1	8,2	11,8	14,8	12,9	12,7	13,1	13,1	13,7	12,2	10,8	8,6	8,2
1950	10,6	16,8	20,2	15,0	12,9	12,7	10,4	10,2	11,4	12,9	11,6	11,2	10,2
1951	14,6	14,6	12,9	9,8	8,8	8,0	8,0	7,8	5,3	6,4	8,8	12,0	5,3
1952	8,0	10,8	9,8	5,9	5,7	7,4	8,2	6,4	6,1	6,8	11,8	8,8	5,7
1953	10,8	9,4	8,2	6,8	5,1	5,1	3,9	3,7	5,1	6,4	10,8	9,6	3,7
1954	8,6	11,6	9,6	13,5	12,4	17,7	17,7	12,4	13,5	21,6	17,9	16,6	8,6
1955	13,7	13,9	12,9	13,1	11,6	12,4	14,8	17,0	15,0	12,4	10,6	11,4	10,6
1956	12,4	14,6	13,5	11,6	11,4	11,4	11,2	10,8	11,2	15,5	11,4	11,2	10,8
1957	12,2	11,8	11,6	11,0	13,5	11,2	18,1	23,2	36,6	24,5	27,8	24,1	11,0
1958	19,7	17,0	17,8	19,9	15,8	17,8	15,6	15,8	20,1	17,4	16,2	18,0	15,6
1959	16,0	15,2	17,6	15,2	15,2	15,2	12,0	19,2	20,7	19,2	17,4	18,0	12,0
1960	19,5	23,6	20,3	15,2	13,3	12,4	14,0	25,0	15,4	16,4	17,0	17,8	12,4
1961	12,2	12,2	17,6	16,6	16,2	15,4	15,4	11,3	15,0	20,5	37,4	31,7	11,3
1962	19,5	20,3	22,1	18,0	17,8	16,6	15,6	10,9	11,3	17,8	18,6	15,2	10,9
1963	12,9	22,7	19,5	15,8	12,9	12,2	11,3	10,8	10,6	21,8	22,5	15,8	10,6
1964	13,3	12,4	10,8	10,9	10,9	10,3	10,3	12,4	12,4	13,5	-	11,1	10,3
1965	11,1	10,4	-	9,9	14,4	10,6	10,4	10,8	13,3	-	12,4	16,8	9,9
1966	18,8	15,6	25,4	27,3	22,2	-	-	-	-	-	-	-	15,6
1967	-	26,0	25,1	19,8	19,8	-	-	-	15,4	16,8	14,3	14,0	14,0
1968	12,2	11,1	10,1	9,4	8,4	8,4	8,2	7,2	7,0	8,4	9,4	7,2	7,0
1969	12,4	11,1	13,5	15,7	11,9	10,6	16,3	12,2	13,2	12,7	12,9	12,7	10,6
1970	11,9	13,8	12,2	11,6	10,4	9,9	10,9	10,9	12,9	10,9	8,6	9,1	8,6
1971	16,0	13,5	18,3	17,7	17,4	16,8	17,4	13,5	17,1	14,3	10,9	7,9	7,9
1972	7,9	8,9	11,4	9,9	7,5	8,4	9,4	10,9	23,8	21,6	17,7	18,6	7,5
1973	26,0	21,3	15,1	14,6	12,4	-	-	18,6	29,7	22,2	18,0	14,9	12,4
1974	19,5	16,3	18,0	16,8	12,2	11,6	10,4	9,4	10,4	7,5	7,5	6,6	6,6
1975	6,8	6,6	6,8	6,6	6,6	9,3	8,2	8,8	19,5	25,4	17,3	27,0	6,6
1976	21,4	17,7	21,0	13,9	12,6	22,6	18,1	25,4	17,7	13,6	14,9	17,0	12,6
1977	13,6	18,4	17,3	15,6	8,0	7,7	7,7	9,9	13,9	24,2	26,2	17,3	7,7
1978	8,2	13,9	12,0	7,4	7,4	7,2	6,9	7,7	8,5	8,8	9,1	9,9	6,9
1979	10,2	7,7	7,4	7,4	11,1	11,7	10,2	8,8	9,3	24,2	20,6	13,9	7,4
1980	12,3	9,6	11,7	11,7	9,6	7,4	10,2	13,3	21,8	20,3	18,8	20,6	7,4
1981	23,0	17,3	12,6	12,3	11,4	10,5	9,6	8,8	8,2	9,1	13,3	13,0	8,2
1982	11,4	20,3	17,0	14,9	12,0	12,6	14,9	13,9	12,0	15,9	15,9	15,6	11,4
1983	18,8	24,2	24,2	22,6	27,5	36,4	40,7	35,5	29,2	25,8	20,3	21,8	18,8
1984	25,8	20,3	18,1	16,3	14,9	14,2	26,2	-	-	-	-	31,2	14,2

1985	25,1	24,7	21,8	22,2	23,6	19,1	18,7	16,4	17,7	17,0	18,0	16,1	16,1
1986	8,6	10,8	9,7	8,9	8,3	8,3	7,8	7,0	6,7	8,9	11,1	11,7	6,7
1987	14,2	16,1	12,3	11,1	11,1	13,5	14,2	14,5	12,6	17,0	11,1	9,7	9,7
1988	10,0	10,8	8,6	8,9	10,8	11,4	8,9	7,3	6,5	9,1	7,5	6,0	6,0
1989	10,3	15,1	13,2	11,1	13,5	8,6	7,3	7,3	10,5	10,0	7,0	7,3	7,0
1990	22,5	15,7	14,2	11,7	8,3	-	-	-	-	-	-	-	8,3
1995	-	-	17,2	16,0	13,3	12,8	17,2	17,2	16,3	15,4	10,7	7,6	7,6
1996	7,8	15,2	17,2	13,8	11,2	11,0	13,3	12,1	16,3	17,5	13,6	13,3	7,8
1997	14,6	33,9	17,8	14,4	13,1	12,3	12,8	12,3	10,5	21,0	22,7	19,7	10,5
1998	21,0	37,9	33,5	29,5	27,2	25,7	25,7	30,3	33,1	35,7	26,8	24,7	21,0
1999	22,9	23,6	21,6	22,3	19,1	13,9	11,6	13,7	12,2	14,9	16,3	14,4	11,6
2000	14,2	16,3	15,7	11,8	9,1	9,1	10,9	9,7	9,7	12,5	12,2	11,8	9,1
2001	16,0	20,4	18,2	15,7	17,4	14,7	11,6	10,3	13,7	16,8	13,2	14,2	10,3
2002	13,2	10,9	10,5	10,5	16,0	10,5	10,3	13,7	12,0	13,2	16,3	13,2	10,3
2003	11,3	10,9	10,1	9,9	9,3	8,9	8,9	6,9	6,8	6,0	8,0	6,6	6,0
2004	-	-	-	7,1	7,6	8,0	10,1	8,5	8,5	14,2	13,9	14,2	7,1
2005	12,7	14,2	11,3	11,3	11,3	13,9	12,9	12,2	27,2	28,7	14,9	9,7	9,7
2006	7,6	7,4	6,3	6,0	5,7	5,7	5,3	5,0	5,6	6,2	6,0	10,9	5,0
2007	9,7	7,4	6,9	5,1	5,1	6,8	6,2	5,0	8,5	10,1	9,1	8,0	5,0
2008	10,3	10,7	6,5	6,6	6,9	6,5	6,2	6,8	6,6	13,4	19,5	14,2	6,2
2009	17,9	11,2	8,9	6,0	5,0	3,7	5,1	19,5	19,2	25,3	20,9	19,2	3,7
2010	18,2	19,2	18,8	15,7	34,6	27,7	20,5	18,2	12,3	16,3	17,5	22,7	12,3
2011	20,2	21,9	38,3	31,2	23,4	18,4	24,9	44,0	44,9	32,0	24,1	24,1	18,4
2012	28,8	22,6	17,1	15,8	13,0	14,8	16,1	15,1	11,3	11,5	12,1	9,6	9,6
2013	9,9	11,0	13,6	11,5	11,5	12,7	16,1	23,7	16,7	20,1	16,4	13,3	9,9
2014	12,1	8,3	20,1	12,7	11,5	12,4	20,5	16,4	15,8	19,4	12,4	12,7	8,3
2015	16,7	14,2	12,7	13,3	11,8	17,7	17,7	12,7	15,8	33,3	38,5	33,3	11,8
2016	29,2	23,0	25,6	27,2	19,8	13,6	10,7	12,7	11,7	11,9	12,4	12,5	10,7
2017	14,8	11,9	11,7	12,2	11,1	17,4	10,7	10,3	6,4	8,0	7,1	7,9	6,4
2018	11,7	11,7	11,7	11,7	9,8	9,6	9,0	8,4	12,4	12,9	12,9	10,4	8,4
2019	11,6	14,0	12,4	10,0	11,6	11,8	10,7	9,8	9,6	9,6	14,5	10,0	9,6
2020	9,7	11,1	8,8	7,8	4,1	3,5	6,3	7,5	10,5	9,7	9,1	12,9	3,5
2021	17,9	18,6	16,2	10,8	10,5	12,3	13,5	9,1	10,5	20,8	19,3	10,8	9,1

Tabela 13 – Valores Mínimos Diários Mensais e Anuais de Vazões na Estação

Na tabela 14 está presente a série histórica dos valores médios diários mensais e as médias diárias anuais de vazões.

VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX. ANUAIS
1929	-	-	-	-	-	22,7	14,5	17,1	19,2	50,2	24,1	13,3	23,0
1930	34,7	42,3	19,5	10,5	14,1	11,3	14,2	18,8	18,5	36,3	27,7	21,5	22,5
1931	48,6	34,2	33,6	26,8	68,4	56,8	49,1	44,9	75,1	32,9	26,7	31,3	44,0
1932	30,7	40,7	27,3	27,5	37,3	24,7	15,8	28,3	44,4	45,4	29,7	42,4	32,8
1933	24,8	33,1	20,5	28,7	31,9	20,3	16,4	17,8	40,3	54,8	26,7	24,1	28,3
1934	35,7	56,2	35,1	31,8	21,7	14,6	24,7	30,7	34,1	36,2	22,4	24,8	30,7
1935	23,6	16,9	23,0	28,4	11,2	24,2	14,6	27,7	29,0	60,7	22,8	17,1	24,9
1936	31,2	21,0	11,7	14,6	13,7	32,5	22,9	76,9	47,6	43,3	23,1	17,6	29,7
1937	16,5	22,2	27,7	35,7	35,7	16,9	14,6	23,9	20,9	39,5	27,5	19,0	25,0
1938	29,4	32,2	25,8	26,9	20,0	30,6	20,1	14,7	13,8	22,3	19,9	18,9	22,9
1939	14,7	27,2	20,4	15,1	22,9	19,3	17,0	11,1	29,3	26,7	72,1	34,9	25,9
1940	49,1	44,3	22,6	20,8	25,6	12,2	25,2	36,6	18,6	31,0	26,0	28,3	28,4
1941	21,3	29,3	23,6	17,0	20,5	30,8	11,6	25,8	19,4	18,0	31,8	20,3	22,4
1942	18,9	35,1	18,1	18,4	16,6	19,3	15,7	13,1	11,2	10,5	8,4	15,8	16,8
1943	10,0	13,7	10,4	7,5	10,4	22,1	21,2	54,2	34,5	30,6	18,3	14,3	20,6
1944	29,4	23,3	23,2	15,6	10,1	10,0	9,3	10,4	11,3	9,8	18,0	8,6	14,9
1945	7,6	26,6	13,7	15,8	10,8	8,4	10,7	6,9	16,8	15,7	6,9	11,8	12,6
1946	15,9	41,1	29,1	20,1	18,5	25,7	36,3	25,4	17,3	26,9	18,3	15,2	24,2
1947	16,1	26,5	27,1	12,4	13,1	12,8	15,1	19,9	28,1	50,3	24,9	34,7	23,4
1948	25,6	34,9	34,1	25,0	54,2	24,8	31,3	55,0	21,3	19,9	18,1	11,7	29,7
1949	12,3	15,3	31,6	30,2	16,9	27,6	14,3	19,8	20,9	16,2	14,0	11,6	19,2
1950	29,0	26,3	42,3	19,3	17,5	16,1	12,6	22,2	18,7	34,0	14,7	19,5	22,7
1951	22,2	21,9	23,3	12,7	9,8	9,4	11,6	8,2	7,0	26,2	13,6	16,5	15,2
1952	18,2	16,2	12,6	8,5	7,0	12,1	14,0	8,6	16,6	28,1	23,4	12,8	14,8
1953	19,3	15,4	11,3	7,7	7,9	7,7	6,3	5,7	9,9	26,1	26,1	14,3	13,1
1954	15,7	21,2	21,4	34,0	34,1	26,6	36,1	16,0	30,0	70,5	23,4	19,6	29,0
1955	16,2	17,7	16,4	18,3	23,6	19,6	35,0	22,2	28,6	14,6	14,6	21,2	20,7
1956	24,3	31,7	15,9	15,3	23,3	15,7	14,6	15,6	34,1	22,3	22,1	26,0	21,8
1957	20,1	24,9	16,1	19,2	23,8	17,7	41,3	88,1	87,3	42,3	44,7	28,0	37,8
1958	25,2	27,2	43,3	26,9	19,1	28,4	20,4	23,4	36,7	30,8	38,2	25,2	28,8
1959	23,9	29,7	23,2	31,9	21,6	18,7	14,6	24,2	39,5	23,6	20,3	21,8	24,4
1960	26,9	57,6	48,3	22,5	18,0	15,1	16,1	41,9	22,1	22,5	34,8	24,1	29,2
1961	17,9	23,4	26,8	21,6	19,6	21,8	18,4	12,8	50,1	37,8	103,8	52,1	33,8
1962	28,1	28,6	38,9	20,0	27,2	19,4	23,1	14,2	27,8	21,4	24,1	19,4	24,3
1963	29,3	50,8	35,9	25,2	14,0	14,3	14,0	13,4	39,9	48,0	42,9	23,8	29,3
1964	18,1	14,6	16,1	14,6	16,8	12,7	13,4	14,8	21,2	21,7	18,1	16,1	16,5
1965	14,9	13,9	16,5	23,5	25,7	15,5	20,5	22,3	26,9	29,9	24,1	30,4	22,0
1966	34,3	89,4	44,4	41,5	29,9	27,2	21,3	16,9	33,8	31,9	33,3	20,5	35,4
1967	29,7	50,1	38,7	23,4	20,4	17,7	26,9	13,3	37,9	25,4	21,3	25,0	27,5
1968	16,2	14,2	12,6	11,2	8,9	9,6	9,5	8,1	14,4	14,7	19,3	14,6	12,8
1969	32,1	23,2	33,0	42,2	14,4	36,8	29,5	18,3	17,8	16,1	28,8	17,7	25,8
1970	22,8	22,1	25,6	18,4	16,3	22,0	25,3	19,0	15,9	15,5	13,9	21,8	19,9
1971	35,3	20,7	42,6	42,2	31,5	30,4	29,1	19,3	28,7	24,8	13,5	11,1	27,4
1972	15,3	39,8	17,2	12,1	9,1	16,4	17,0	59,4	42,6	31,9	29,9	43,7	27,9
1973	40,0	34,3	20,4	18,8	20,0	30,6	32,9	56,5	45,9	29,2	27,6	22,1	31,5
1974	40,4	33,0	51,1	22,2	14,5	15,8	20,2	13,3	31,2	10,7	15,8	8,9	23,1
1975	13,9	9,5	12,0	9,0	12,1	13,8	14,3	29,9	65,9	68,8	33,3	74,7	29,8
1976	46,7	27,6	36,1	19,5	40,2	50,2	35,7	58,1	29,6	21,9	26,2	30,3	35,2
1977	38,7	56,0	26,7	24,9	12,5	9,7	11,1	52,2	28,3	63,6	53,8	25,3	33,6
1978	24,9	20,7	22,1	10,0	8,8	10,8	13,0	9,4	23,8	17,0	18,3	39,5	18,2
1979	14,3	12,5	10,7	23,7	31,6	15,5	14,8	13,1	22,7	61,3	34,6	22,0	23,1
1980	20,4	16,8	24,1	19,1	12,8	11,2	31,6	46,9	39,2	35,0	29,0	62,3	29,0
1981	33,0	22,5	21,1	15,9	13,3	12,5	13,2	11,3	11,5	33,9	23,3	28,1	20,0
1982	16,7	41,6	24,3	18,1	17,1	22,8	21,8	20,3	15,0	28,0	48,3	24,7	24,9
1983	51,9	48,8	57,5	36,1	84,3	66,5	206,2	84,3	54,3	35,3	29,5	59,0	67,8
1984	36,5	32,2	26,9	21,9	22,0	33,8	37,3	97,5	34,8	30,2	41,4	34,9	37,4

1985	29,3	36,5	28,4	32,5	27,7	20,7	24,0	17,4	21,1	22,6	29,8	19,0	25,8
1986	13,6	18,0	12,9	13,4	10,6	11,1	9,4	9,5	12,9	23,7	24,1	22,9	15,2
1987	31,0	32,6	15,9	14,7	29,9	21,3	18,1	21,2	17,1	34,2	14,9	13,6	22,0
1988	18,8	15,9	12,0	11,3	18,8	15,9	10,6	7,9	13,5	12,4	8,7	7,3	12,8
1989	32,3	31,2	26,0	21,9	33,5	10,4	11,9	12,6	38,5	13,3	9,6	19,3	21,7
1990	53,2	25,1	22,3	16,7	15,5	41,5	50,1	36,6	37,4	51,7	50,6	27,9	35,7
1995	74,2	59,0	25,6	18,2	14,1	20,2	23,1	23,1	28,8	27,2	13,2	16,1	28,6
1996	29,3	24,7	31,8	20,3	12,6	18,5	22,0	20,3	36,5	26,0	16,9	21,7	23,4
1997	49,4	92,4	31,8	16,5	14,6	14,9	18,6	19,5	16,1	54,7	60,0	31,2	35,0
1998	41,0	59,8	58,8	60,1	36,5	31,1	33,7	61,6	65,5	51,3	32,5	35,8	47,3
1999	28,7	34,7	25,7	27,5	21,0	19,7	29,0	14,8	17,8	31,3	22,0	20,7	24,4
2000	28,3	30,8	21,8	15,4	12,2	11,5	14,1	11,8	25,6	31,0	17,7	17,5	19,8
2001	25,4	33,4	31,8	27,5	45,3	26,8	23,9	13,9	33,9	44,3	21,1	24,4	29,3
2002	26,0	15,3	17,5	50,2	24,0	17,6	17,1	32,1	29,3	28,1	33,6	30,1	26,7
2003	17,0	21,4	24,1	11,2	10,8	13,3	11,6	8,3	8,5	14,3	14,5	46,1	16,8
2004	-	-	-	10,2	15,8	17,4	28,8	11,8	31,8	31,6	25,6	20,1	21,4
2005	25,3	17,9	13,6	17,0	29,7	17,0	22,4	18,9	74,8	46,4	34,7	15,2	27,7
2006	24,0	12,3	7,3	6,5	6,0	6,0	6,3	6,2	7,2	10,6	12,4	16,1	10,1
2007	17,2	16,5	20,8	8,4	32,6	11,5	33,4	12,5	26,6	24,3	30,0	15,2	20,8
2008	19,9	19,9	16,5	15,3	16,6	8,4	7,2	9,6	16,1	59,7	74,4	26,2	24,1
2009	38,1	16,4	18,8	8,4	7,1	6,2	26,6	41,5	59,2	51,1	35,1	27,5	28,0
2010	38,9	26,6	31,8	50,6	53,4	41,8	37,2	41,8	21,8	31,5	25,2	46,4	37,2
2011	36,0	53,6	60,6	40,7	33,2	29,1	45,8	101,8	111,2	41,8	32,1	31,4	51,4
2012	57,5	32,2	20,5	25,9	22,0	30,4	31,8	26,4	14,0	22,0	16,5	17,9	26,4
2013	17,4	27,2	43,5	28,4	16,1	33,6	36,9	40,8	74,4	32,4	20,3	20,4	32,6
2014	35,3	17,3	33,5	18,6	17,7	74,0	31,0	25,8	37,8	40,7	26,8	24,7	31,9
2015	24,1	21,6	21,7	21,0	29,5	34,9	42,6	19,0	46,0	114,4	57,4	51,6	40,3
2016	42,0	31,7	43,9	37,8	30,6	22,7	24,8	34,7	21,8	29,6	15,6	23,1	29,8
2017	29,1	20,0	15,9	13,8	46,1	74,0	14,0	17,6	8,5	14,4	16,1	12,7	23,5
2018	47,5	15,9	33,9	23,1	11,3	12,8	9,8	10,9	31,5	20,4	17,6	18,5	21,1
2019	29,6	27,7	17,8	16,5	26,6	20,0	12,1	10,4	14,6	14,8	25,4	13,2	19,0
2020	15,9	20,9	10,3	9,2	5,7	18,8	13,4	22,0	15,0	11,9	14,7	51,0	17,4
2021	56,1	29,4	24,4	14,6	17,0	33,2	18,0	11,9	22,8	51,5	29,6	16,5	27,1

Tabela 14 – Valores Médios Diários Mensais e Anuais de Vazões

4.6 Processamento dos Dados Fluviométricos

Para o processamento dos dados, o estudo foi dividido em dois trechos: O primeiro trecho considerando do ponto mais alto do talvegue principal até a estação fluviométrica Brusque PCD, e; O segundo trecho entre a estação e o ponto onde a ponte projetada cruza o rio Itajaí-Mirim.

Somando as vazões máximas calculadas nos dois segmentos estudados, temos uma **vazão total de 1.072,60 m³/s no ponto da ponte projetada**. Seguem as duas Memórias de Cálculo para cada trecho da bacia considerada.

4.6.1 Vazão Máxima para o ponto da Estação Brusque PCD

Para a vazão estimada na estação, de acordo com as características da bacia analisada, foi adotado o Método de Gumbel e o tempo de recorrência (TR) de 100 anos, visto que é o tempo adequado de análise de pontes.

Tabela 15 – Método de Gumbel

MÉTODO DE GUMBEL										
Ano de Ocorrência	Vazão Máx. Anual (m³/s)	Nº de Ordem	Vazões em Ordem Decresc. (m³/s)	Vazão Máx Méd (m³/s)	(Vazão Máx Méd)²	P = 100 * (1-(m/n+1))	TR	Variável Reduzida (y)	(y-yn)	(y-yn)²
1929	190,61	1	637,19	410,68	168.657,31	98,89	90,00	-4,49	-3,94	15,50
1930	105,40	2	591,12	364,61	132.939,78	97,78	45,00	-3,80	-3,24	10,48
1931	355,23	3	523,20	296,69	88.023,05	96,67	30,00	-3,38	-2,83	7,99
1932	272,14	4	502,93	276,42	76.407,57	95,56	22,50	-3,09	-2,53	6,42
1933	204,78	5	496,66	270,15	72.979,61	94,44	18,00	-2,86	-2,30	5,31
1934	169,24	6	456,01	229,50	52.669,69	93,33	15,00	-2,67	-2,12	4,48
1935	182,80	7	439,16	212,65	45.219,93	92,22	12,86	-2,51	-1,96	3,83
1936	268,16	8	426,06	199,55	39.820,68	91,11	11,25	-2,37	-1,82	3,30
1937	164,25	9	398,67	172,16	29.637,37	90,00	10,00	-2,25	-1,69	2,87
1938	106,10	10	380,81	154,30	23.808,95	88,89	9,00	-2,14	-1,58	2,50
1939	338,82	11	366,33	139,82	19.549,38	87,78	8,18	-2,04	-1,48	2,19
1940	190,61	12	362,99	136,48	18.626,54	86,67	7,50	-1,94	-1,39	1,92
1941	103,31	13	355,23	128,72	16.568,94	85,56	6,92	-1,86	-1,30	1,69
1942	121,21	14	338,82	112,31	12.613,80	84,44	6,43	-1,78	-1,22	1,49
1943	317,40	15	338,82	112,31	12.613,80	83,33	6,00	-1,70	-1,14	1,31
1944	94,43	16	317,40	90,89	8.260,66	82,22	5,63	-1,63	-1,07	1,15
1945	86,86	17	315,29	88,77	7.880,96	81,11	5,29	-1,56	-1,01	1,01
1946	150,43	18	313,18	86,67	7.511,53	80,00	5,00	-1,50	-0,94	0,89
1947	249,54	19	310,03	83,51	6.974,70	78,89	4,74	-1,44	-0,88	0,78
1948	315,29	20	302,72	76,21	5.807,82	77,78	4,50	-1,38	-0,82	0,68
1949	128,67	21	295,47	68,96	4.755,36	76,67	4,29	-1,33	-0,77	0,59
1950	175,12	22	292,39	65,88	4.340,13	75,56	4,09	-1,27	-0,71	0,51
1951	106,10	23	289,32	62,81	3.944,98	74,44	3,91	-1,22	-0,66	0,44
1952	136,29	24	280,18	53,67	2.880,05	73,33	3,75	-1,17	-0,61	0,38
1953	177,67	25	280,18	53,67	2.880,05	72,22	3,60	-1,12	-0,57	0,32
1954	496,66	26	272,14	45,63	2.082,34	71,11	3,46	-1,08	-0,52	0,27
1955	108,21	27	268,16	41,65	1.734,63	70,00	3,33	-1,03	-0,47	0,22
1956	105,40	28	262,23	35,71	1.275,54	68,89	3,21	-0,99	-0,43	0,18
1957	280,18	29	255,37	28,85	832,59	67,78	3,10	-0,94	-0,39	0,15
1958	202,99	30	252,45	25,94	672,84	66,67	3,00	-0,90	-0,35	0,12
1959	100,34	31	249,54	23,03	530,33	65,56	2,90	-0,86	-0,30	0,09
1960	238,04	32	241,85	15,34	235,29	64,44	2,81	-0,82	-0,26	0,07
1961	502,93	33	238,04	11,53	132,93	63,33	2,73	-0,78	-0,23	0,05
1962	120,94	34	226,70	0,19	0,04	62,22	2,65	-0,75	-0,19	0,04
1963	262,23	35	223,95	-2,56	6,54	61,11	2,57	-0,71	-0,15	0,02
1964	67,41	36	223,03	-3,48	12,12	60,00	2,50	-0,67	-0,11	0,01
1965	118,59	37	222,69	-3,82	14,60	58,89	2,43	-0,63	-0,08	0,01
1966	185,32	38	218,41	-8,10	65,62	57,78	2,37	-0,60	-0,04	0,00
1967	203,43	39	205,39	-21,12	446,08	56,67	2,31	-0,57	-0,01	0,00
1968	78,22	40	204,78	-21,73	472,22	55,56	2,25	-0,53	0,03	0,00
1969	166,07	41	203,43	-23,08	532,81	54,44	2,20	-0,50	0,06	0,00
1970	122,87	42	202,99	-23,52	553,33	53,33	2,14	-0,46	0,10	0,01
1971	138,07	43	201,42	-25,09	629,48	52,22	2,09	-0,43	0,13	0,02
1972	338,82	44	200,57	-25,94	672,99	51,11	2,05	-0,40	0,16	0,02
1973	226,70	45	200,44	-26,08	679,94	50,00	2,00	-0,37	0,19	0,04
1974	200,57	46	198,53	-27,98	782,77	48,89	1,96	-0,34	0,22	0,05
1975	310,03	47	193,24	-33,27	1.107,22	47,78	1,91	-0,30	0,26	0,07
1976	255,37	48	190,61	-35,90	1.289,04	46,67	1,88	-0,28	0,28	0,08
1977	439,16	49	190,61	-35,90	1.289,04	45,56	1,84	-0,24	0,31	0,10
1978	456,01	50	187,99	-38,52	1.483,64	44,44	1,80	-0,21	0,35	0,12
1979	223,95	51	187,12	-39,39	1.551,64	43,33	1,76	-0,17	0,38	0,15
1980	280,18	52	185,32	-41,19	1.696,34	42,22	1,73	-0,15	0,41	0,17
1981	292,39	53	182,80	-43,71	1.910,29	41,11	1,70	-0,12	0,44	0,19
1982	198,53	54	177,67	-48,84	2.385,44	40,00	1,67	-0,09	0,47	0,22
1983	523,20	55	175,12	-51,39	2.640,67	38,89	1,64	-0,06	0,50	0,25

1984	187,99	56	169,24	-57,28	3.280,46	37,78	1,61	-0,03	0,53	0,28
1985	99,86	57	166,07	-60,44	3.653,04	36,67	1,58	0,00	0,56	0,31
1986	193,24	58	164,25	-62,26	3.876,53	35,56	1,55	0,04	0,59	0,35
1987	137,07	59	161,20	-65,31	4.265,23	34,44	1,53	0,06	0,62	0,38
1988	55,49	60	158,56	-67,95	4.616,89	33,33	1,50	0,09	0,65	0,42
1989	148,04	61	152,03	-74,48	5.547,48	32,22	1,48	0,12	0,68	0,46
1990	152,03	62	150,43	-76,08	5.788,75	31,11	1,45	0,16	0,71	0,51
1995	105,61	63	148,04	-78,48	6.158,39	30,00	1,43	0,18	0,74	0,55
1996	131,48	64	139,71	-86,80	7.534,40	28,89	1,41	0,21	0,77	0,59
1997	426,06	65	138,07	-88,44	7.822,34	27,78	1,38	0,25	0,81	0,66
1998	398,67	66	137,07	-89,45	8.000,43	26,67	1,36	0,28	0,84	0,71
1999	158,56	67	136,29	-90,22	8.139,02	25,56	1,34	0,32	0,87	0,76
2000	111,82	68	131,48	-95,03	9.031,22	24,44	1,32	0,35	0,91	0,82
2001	380,81	69	128,67	-97,84	9.572,69	23,33	1,30	0,38	0,94	0,88
2002	161,20	70	122,87	-103,64	10.741,50	22,22	1,29	0,40	0,96	0,92
2003	205,39	71	121,21	-105,30	11.087,67	21,11	1,27	0,44	0,99	0,99
2004	222,69	72	120,94	-105,57	11.144,82	20,00	1,25	0,48	1,03	1,07
2005	200,44	73	118,59	-107,92	11.647,23	18,89	1,23	0,52	1,07	1,15
2006	107,45	74	111,82	-114,69	13.153,23	17,78	1,22	0,54	1,10	1,20
2007	201,42	75	108,21	-118,30	13.994,04	16,67	1,20	0,58	1,14	1,30
2008	295,47	76	107,45	-119,06	14.174,83	15,56	1,18	0,63	1,19	1,41
2009	218,41	77	106,10	-120,41	14.498,26	14,44	1,17	0,66	1,21	1,48
2010	302,72	78	106,10	-120,41	14.498,26	13,33	1,15	0,71	1,27	1,61
2011	637,19	79	105,61	-120,91	14.618,07	12,22	1,14	0,74	1,30	1,69
2012	252,45	80	105,40	-121,11	14.667,49	11,11	1,13	0,77	1,33	1,77
2013	362,99	81	105,40	-121,11	14.667,49	10,00	1,11	0,84	1,40	1,95
2014	313,18	82	103,31	-123,20	15.178,44	8,89	1,10	0,87	1,43	2,05
2015	591,12	83	100,34	-126,17	15.919,76	7,78	1,08	0,96	1,51	2,29
2016	139,71	84	99,86	-126,65	16.040,58	6,67	1,07	1,00	1,56	2,44
2017	366,33	85	94,43	-132,08	17.445,26	5,56	1,06	1,05	1,61	2,60
2018	223,03	86	86,86	-139,65	19.502,35	4,44	1,05	1,11	1,67	2,79
2019	289,32	87	78,22	-148,29	21.990,67	3,33	1,03	1,26	1,82	3,31
2020	187,12	88	67,41	-159,10	25.311,99	2,22	1,02	1,37	1,93	3,71
2021	241,85	89	55,49	-171,02	29.248,50	1,11	1,01	1,53	2,09	4,36

A = área de drenagem = 120.474,64 ha = 1.204,75 km²

L = comprimento do talvegue mais extenso = 135.671,51 m

Desnível = 993 m

i = declividade média do talvegue principal = 0,73 %

TR = tempo de recorrência adotado = 100 anos

n = número de anos observados = 89 anos

ΣQ = somatório das descargas máximas anuais = 20.159,47 m³/s

Q_{méd} = vazão máxima média anual = 226,51 m³/s

y = variável reduzida para TR 100 anos = 4,6001

Σy = somatório das variáveis reduzidas = -49,623

yn = média das variáveis reduzidas = -0,558

σ = desvio padrão = 121,54

Sn = desvio padrão das variáveis reduzidas = 1,208

K = fator de frequência = 4,268

$$K = \frac{y - yn}{Sn}$$

$$K = \frac{4,6001 - (-0,558)}{1,208}$$

$$K = 4,268$$

$Q_{(t)}$ Trecho 1 = vazão máxima estimada para TR 100 anos = 745,26 m³/s

$$Q_{(t)} = Q_{méd} + \sigma K$$

$$Q_{(t)} = 226,51 + 121,54 * 4,268$$

$Q_{(t)}$ Trecho 1 = 745,26 (Vazão Parcial - Trecho até Estação em Brusque)

Vazão Máxima Para o Local da Ponte Projetada

Para a vazão estimada no ponto onde a ponte está projetada, foi adotado o Método do Hidrograma Triangular Sintético e mantido o tempo de recorrência (TR) de 100 anos.

A = área de drenagem = 30.621,51 ha = 306,22 km²

L = comprimento do talvegue mais extenso = 25.173,72 m

Desnível = 7 m

i = declividade média do talvegue principal = 0,03 %

TR = tempo de recorrência adotado = 100 anos

K = coeficiente das características da bacia = 3,77

Q_p Trecho 2 = 1337,61 (Vazão Parcial - Trecho entre a Estação em Brusque e o local da Ponte projetada)

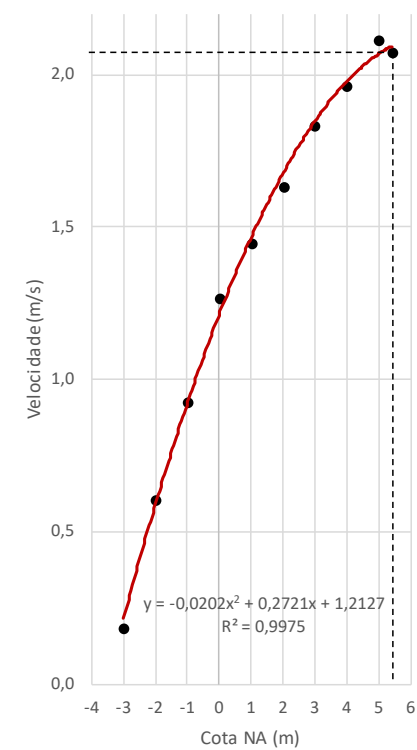
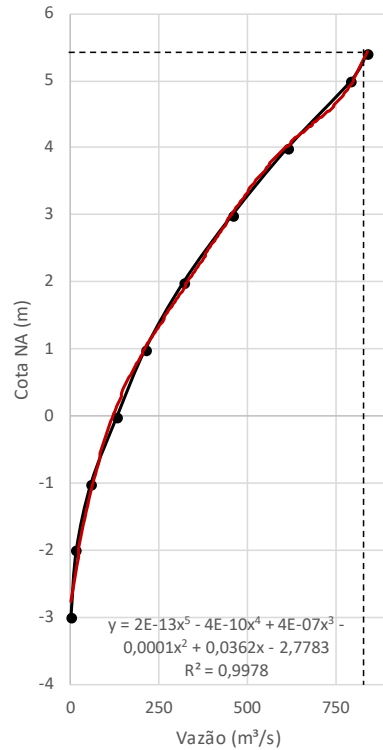
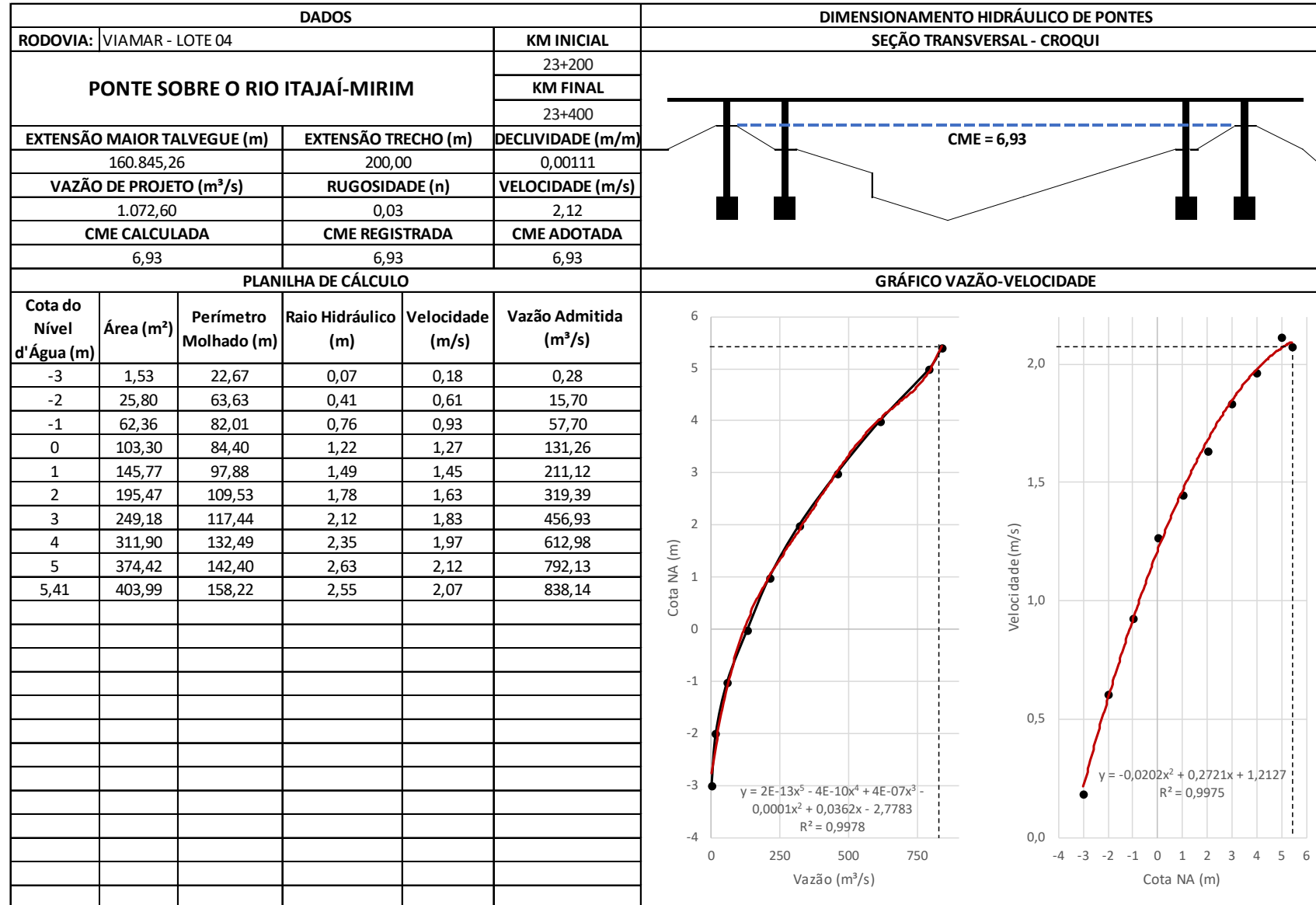
MÉTODO DO HIDROGRAMA TRIANGULAR SINTÉTICO														
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E GEOMÉTRICAS DA BACIA												CÁLCULO DA VAZÃO		
BACIA	ÁREA (km ²)	COMP. DO TALVEGUE (m)	DESNÍVEL (m)	DECLIVIDADE (%)	K	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (min)	TEMPO DE DURAÇÃO (min)	TEMPO DE PICO (h)	CN	S	TR (anos)	P (mm)	DEFLÚVIO SUPERF. (mm)	VAZÃO (m ³ /s)
ITAJAÍ-MIRIM - ESTAÇÃO - PONTE	306,22	25.173,72	5	0,03	3,77	1.870,66	31,18	24,29	75	3,33	100	208,09	124,83	327,33

$Q_{(t)}$ = vazão máxima estimada para TR 100 anos no ponto da ponte projetada

$$= Q(\text{Trecho 1}) + Q(\text{Trecho 2}) = 745,26 \text{ m}^3/\text{s} + 327,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= \text{vazão total de } 1.072,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

COTA DE MÁXIMA ENCHENTE



4.6.2 Estimativa da Vazão da ponte projetada sobre o rio Itajaí-Açu

A estação fluviométrica Gaspar (Montante ETA), localizada no rio Itajaí-Açu, apresenta uma série histórica de vazões entre 1988 a 2021, totalizando 33 anos de observação. Os anos 2007 e 2015 a 2017 não foram contabilizados por falta de registros.

A estação fluviométrica estudada ainda opera, mas com limitações de registros conforme relatado.

Na tabela 16 está presente a série histórica dos valores máximos diários mensais e as máximas diárias anuais de vazões.

Tabela 16 – Valores Máximos Diários Mensais e Anuais de Vazões na Estação

VAZÕES MÁXIMAS MENSAIS (m³/s)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX. ANUAIS
1988	-	668,3	357,8	393,9	2040,8	750,1	311,0	299,1	1073,2	1115,6	299,1	251,0	2040,8
1989	1468,1	1357,7	506,9	895,5	2278,9	294,4	501,1	442,2	2209,6	409,8	342,8	423,2	2278,9
1990	2413,6	982,8	577,9	630,3	1970,0	2175,3	2809,0	1712,1	835,5	3110,5	953,4	733,5	3110,5
1991	1608,3	602,3	512,7	259,9	325,5	1054,1	434,0	1332,7	292,0	1366,0	1050,3	599,3	1608,3
1992	409,8	832,0	584,0	306,2	5337,4	4311,7	3920,4	818,1	617,8	320,7	365,5	299,1	5337,4
1993	1287,3	1689,3	877,7	404,5	362,9	417,8	509,8	368,0	2285,9	1568,4	347,8	393,9	2285,9
1994	373,1	986,5	1069,4	703,9	2663,9	665,1	1307,8	360,4	320,7	542,0	804,4	467,1	2663,9
1995	2127,7	1586,1	521,4	318,2	285,0	726,9	953,4	401,8	743,5	590,1	347,8	475,5	2127,7
1996	627,2	444,9	842,5	694,1	301,5	587,0	1023,9	515,6	867,0	639,7	407,1	431,3	1023,9
1997	1238,4	2603,9	469,9	357,8	337,8	373,1	674,7	790,7	536,1	2641,3	2478,7	780,5	2641,3
1998	913,4	1080,9	1234,4	2001,2	1005,1	458,8	860,0	1721,2	1630,7	1016,4	345,3	407,1	2001,2
1999	375,7	599,3	425,9	461,5	320,7	368,0	2067,3	362,9	423,2	1421,0	378,3	325,5	2067,3
2000	756,8	1316,1	684,4	332,9	342,8	335,3	553,8	325,5	1012,6	1170,5	447,7	700,6	1316,1
2001	404,5	856,5	639,7	436,7	1202,3	746,8	506,9	275,8	646,0	3045,8	401,8	412,4	3045,8
2002	428,6	318,2	325,5	472,7	246,6	350,3	347,8	611,6	608,5	763,6	800,9	736,8	800,9
2003	362,9	425,9	447,7	362,9	370,6	355,3	306,2	318,2	365,5	407,1	285,0	968,0	968,0
2004	378,3	434,0	285,0	313,4	345,3	539,0	456,0	332,9	1158,6	1387,1	527,2	467,1	1387,1
2005	492,6	355,3	292,0	547,9	1795,0	481,2	694,1	605,4	1065,5	617,8	501,1	335,3	1795,0
2006	407,1	315,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	407,1
2008	642,9	953,4	332,9	668,3	602,3	335,3	313,4	456,0	836,0	2521,2	4340,3	489,3	4340,3
2009	891,7	539,6	510,7	437,3	358,2	364,6	1159,2	1444,2	2784,0	1388,6	794,0	580,3	2784,0
2010	1469,8	708,3	1353,5	4098,8	1679,6	1088,9	736,5	1061,3	461,3	485,8	464,8	870,2	4098,8
2011	1107,5	1738,9	970,8	909,1	517,9	468,3	1269,7	2291,2	4699,9	887,4	454,4	500,0	4699,9
2012	1418,8	900,4	420,4	610,5	680,4	975,2	1495,5	1061,3	496,4	708,3	478,7	427,1	1495,5
2013	569,1	521,5	517,9	427,1	380,7	1015,7	1652,8	984,2	3595,3	853,0	536,0	485,8	3595,3
2014	1308,9	580,3	637,4	478,7	430,5	3567,6	1960,4	576,6	1206,8	1701,1	827,6	468,3	3567,6
2018	-	-	-	-	-	-	242,4	614,7	-	787,0	450,2	-	787,0
2019	666,3	556,3	585,1	856,4	-	-	537,6	-	340,4	410,2	519,4	291,0	856,4
2020	387,2	764,0	-	-	-	-	-	666,3	-	239,7	-	1157,8	1157,8
2021	1756,2	783,7	594,8	546,9	425,9	1001,7	698,5	278,6	1189,5	-	410,2	266,6	1756,2

Na tabela 17 está presente a série histórica dos valores mínimos diários mensais e as mínimas diárias anuais de cotas.

Tabela 17 – Valores Mínimos Diários Mensais e Anuais de Vazões na Estação

VAZÕES MÍNIMAS MENSAIS (m³/s)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX. ANUAIS
1988	-	144,62	125,57	151,27	259,92	194,29	125,57	95,03	83,00	111,68	109,77	113,62	83,00
1989	140,27	200,04	206,17	158,07	111,68	144,62	100,43	153,52	172,11	153,52	133,87	109,77	100,43
1990	335,35	169,73	216,54	204,12	144,62	330,42	255,45	237,86	360,38	342,78	325,53	273,51	144,62
1991	246,59	212,37	202,08	135,99	91,51	64,28	109,77	133,87	109,77	176,92	131,77	174,51	64,28
1992	176,92	202,08	144,62	127,62	104,12	165,01	240,03	246,59	167,36	140,27	131,77	117,54	104,12
1993	93,26	434,01	325,53	123,54	135,99	96,81	125,57	155,78	149,03	237,86	135,99	131,77	93,26
1994	121,52	140,27	229,24	174,51	153,52	158,07	179,35	102,26	104,12	78,09	151,27	140,27	78,09
1995	194,29	327,97	115,57	117,54	93,26	95,03	98,61	155,78	104,12	208,23	127,62	91,51	91,51
1996	158,07	179,35	181,80	117,54	113,62	111,68	129,69	109,77	123,54	194,29	107,87	78,09	78,09
1997	111,68	301,46	119,52	88,05	84,67	81,35	64,28	88,05	73,34	345,28	495,41	127,62	64,28
1998	140,27	259,92	306,22	218,64	172,11	93,26	153,52	198,01	191,76	251,01	121,52	98,61	93,26
1999	142,44	172,11	135,99	121,52	86,35	102,26	155,78	68,73	125,57	79,71	111,68	71,79	68,73
2000	113,62	121,52	123,54	111,68	86,35	88,05	115,57	70,25	70,25	181,80	169,73	162,68	70,25
2001	131,77	246,59	181,80	127,62	131,77	119,52	102,26	95,03	179,35	127,62	125,57	195,99	95,03
2002	111,68	123,54	117,54	138,12	155,78	73,34	135,99	153,52	149,03	179,35	204,12	195,99	73,34
2003	89,77	127,62	115,57	131,77	113,62	142,44	142,44	123,54	93,26	131,77	102,26	155,78	89,77
2004	151,27	109,77	105,98	125,57	144,62	104,12	133,87	117,54	111,68	113,62	140,27	125,57	104,12
2005	131,77	88,05	142,44	113,62	105,98	104,12	131,77	165,01	259,92	125,57	167,36	142,44	88,05
2006	115,57	140,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115,57
2008	194,29	169,73	144,62	155,78	98,61	93,26	91,51	172,11	217,05	272,97	437,26	175,54	91,51
2009	252,91	247,27	206,40	173,04	155,92	151,14	185,64	178,04	230,62	293,54	225,16	190,76	151,14
2010	374,24	190,76	183,09	110,46	323,79	201,14	168,09	163,19	170,56	211,70	116,94	272,97	110,46
2011	270,07	629,70	236,13	206,40	209,04	178,04	230,62	410,32	311,57	185,64	165,63	137,11	137,11
2012	203,76	165,63	168,09	155,92	193,33	170,56	155,92	168,09	214,37	151,14	134,82	203,76	134,82
2013	209,04	170,56	178,04	165,63	168,09	214,37	233,37	217,05	214,37	188,19	128,01	137,11	128,01
2014	342,42	198,52	214,37	125,77	153,53	244,47	141,74	121,33	141,74	219,74	193,33	139,42	121,33
2018	-	-	-	-	-	-	135,49	137,80	-	128,61	134,34	-	128,61
2019	162,73	170,05	136,64	147,17	-	-	135,49	-	144,81	140,13	128,61	142,46	128,61
2020	147,17	157,90	-	-	-	-	-	144,81	-	125,21	-	177,47	125,21
2021	186,22	177,47	174,99	138,96	119,59	162,73	163,94	143,64	130,89	-	149,53	166,38	119,59

Na tabela 18 está presente a série histórica dos valores médios diários mensais e as médias diárias anuais de vazões.

Tabela 18 – Valores Médios Diários Mensais e Anuais de Vazões

VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÁX. ANUAIS
1988	-	282,3	239,7	252,3	611,9	332,2	205,9	182,6	282,6	302,8	180,1	177,6	277,3
1989	526,2	512,6	319,4	334,2	502,7	213,3	249,1	239,1	605,2	246,0	219,4	196,9	347,0
1990	1091,5	425,4	314,6	352,3	331,7	950,0	705,7	665,4	531,8	988,1	515,3	428,4	608,4
1991	512,9	379,9	315,5	181,6	145,0	286,2	218,3	382,4	197,6	424,0	361,7	297,2	308,5
1992	278,8	376,9	284,1	230,0	793,6	702,4	842,2	441,3	289,4	227,4	235,9	204,0	408,8
1993	426,8	960,5	552,8	247,9	233,4	246,8	311,7	237,8	589,0	486,2	241,1	262,8	399,7
1994	230,7	472,9	347,2	280,9	456,0	357,2	520,2	236,6	201,8	263,3	314,4	238,2	326,6
1995	844,9	499,5	296,3	225,2	164,1	240,6	280,6	238,8	294,3	312,1	222,3	225,1	320,3
1996	306,4	278,4	328,8	292,9	195,4	269,3	343,6	231,4	369,5	332,5	225,5	229,7	283,6
1997	387,8	723,0	282,5	217,7	180,5	202,2	228,2	328,0	197,5	1064,1	1046,3	355,8	434,5
1998	460,1	482,5	536,9	555,4	364,0	232,3	311,5	702,1	724,2	518,4	243,4	258,1	449,1
1999	258,3	322,4	238,2	244,5	203,6	222,2	485,3	194,1	232,6	514,9	217,0	204,1	278,1
2000	286,1	307,7	270,8	225,0	177,9	169,3	221,6	171,2	468,0	446,9	236,6	295,3	273,0
2001	236,8	450,0	342,6	284,5	348,9	288,2	251,7	195,2	307,4	620,8	243,2	264,0	319,4
2002	251,7	233,3	229,4	253,7	201,7	212,6	213,8	322,3	301,7	324,4	411,8	373,6	277,5
2003	203,8	238,7	282,3	226,8	216,6	228,2	209,0	216,3	208,5	235,0	223,1	402,2	240,9
2004	232,9	229,1	215,2	212,4	224,9	216,6	269,9	204,2	305,6	373,4	264,5	235,9	248,7
2005	248,1	214,5	216,1	257,4	486,2	197,4	261,6	254,8	573,5	347,1	284,0	219,7	296,7
2006	228,4	235,8	239,1	197,4	164,6	143,5	136,6	153,7	201,1	182,3	251,7	276,9	200,9
2008	337,1	331,4	237,9	256,8	248,9	225,2	200,6	245,8	342,5	914,2	1259,3	311,3	409,3
2009	448,0	398,9	327,9	286,0	270,4	269,6	414,8	534,6	760,2	697,9	378,3	364,4	429,2
2010	632,2	367,0	467,1	767,7	756,6	369,4	423,5	441,1	279,8	339,0	321,8	528,2	474,4
2011	528,7	888,6	511,2	393,1	308,9	292,3	557,3	970,1	1216,4	384,4	305,6	310,0	555,6
2012	461,3	375,5	289,2	331,7	291,9	419,7	480,8	344,5	305,3	349,9	318,2	318,7	357,2
2013	352,7	347,2	374,5	293,5	284,4	455,7	493,1	493,5	849,8	401,2	305,6	322,8	414,5
2014	549,7	304,7	430,7	283,2	292,7	1073,5	454,5	315,3	377,8	496,6	333,3	293,5	433,8
2018	-	-	-	-	-	-	186,2	197,0	-	304,7	218,7	-	226,6
2019	283,4	293,5	272,2	238,3	-	-	192,7	-	201,6	211,6	237,4	196,3	236,3
2020	213,5	288,6	-	-	-	-	-	264,8	-	184,5	-	365,9	263,5
2021	584,0	307,9	258,8	267,1	197,1	264,2	214,8	193,6	294,8	-	219,7	198,7	272,8

Processamento dos Dados Fluviométricos

Para o processamento dos dados, o estudo foi dividido em três trechos, do ponto mais alto do talvegue principal até a estação fluviométrica Gaspar (Montante ETA), da estação até o ponto onde a ponte projetada cruza o rio Itajaí-Açu e da sub-bacia do rio Luís Alvez, que desagua no local de projeto da ponte.

Somando as vazões máximas calculadas nos três segmentos estudados, utilizando o método estatístico Log-Pearson III nos dois trechos com bacias maiores de 400 km² e utilizando o método do hidrograma Triangular Sintético para o trecho 2, temos a **vazão total de 6.518,94 m³/s no ponto da ponte projetada**. Seguem as três Memórias de Cálculo para cada trecho da bacia considerada.

Vazão Máxima para o ponto da Estação (Q1)

Para determinar a vazão estimada na estação, de acordo com as características da bacia analisada, foi adotado o Método de Log-Pearson Tipo III e o tempo de recorrência (TR) de 100 anos, visto que é o tempo adequado de análise de pontes.

A = área de drenagem = 1.250.490,62 ha = 12.504,91 km²

L = comprimento do talvegue mais extenso = 245.711,68 m

Desnível = 736 m

i = declividade média do talvegue principal = 0,30 %

TR = tempo de recorrência adotado = 100 anos

X = média dos logaritmos das descargas da série disponível = 3,2847

σ = desvio padrão dos logaritmos das descargas da série disponível = 0,27

CA = coeficiente de assimetria = -0,4786

CS = coeficiente de assimetria corrigido = -0,6

K = fator de frequência em função do CS e probabilidade de não exceder = 1,880

Fator de frequência (K)													
CS	1%	5%	20%	50%	80%	90%	95%	96%	98%	99%	100%	100%	100%
	1,01	1,05	1,25	2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000
-3,0	-4,051	-2,003	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,665	0,665	0,666	0,667	0,667	0,667	0,667
-2,9	-3,997	-2,004	-0,439	0,389	0,648	0,675	0,682	0,682	0,683	0,684	0,684	0,684	0,684
-2,8	-3,942	-2,005	-0,458	0,382	0,660	0,690	0,699	0,699	0,700	0,701	0,701	0,701	0,701
-2,7	-3,888	-2,006	-0,477	0,375	0,672	0,705	0,716	0,716	0,717	0,718	0,718	0,718	0,718
-2,6	-3,833	-2,007	-0,496	0,368	0,684	0,720	0,733	0,733	0,734	0,735	0,735	0,735	0,735
-2,5	-3,845	-2,012	-0,518	0,360	0,696	0,735	0,750	0,750	0,798	0,799	0,800	0,800	0,800
-2,4	-3,797	-2,010	-0,538	0,353	0,708	0,750	0,767	0,767	0,782	0,783	0,784	0,784	0,784
-2,3	-3,749	-2,008	-0,558	0,346	0,720	0,765	0,784	0,784	0,798	0,799	0,800	0,800	0,800
-2,2	-3,705	-2,006	-0,574	0,330	0,732	0,780	0,801	0,888	0,900	0,905	0,907	0,908	0,909
-2,1	-3,655	-2,001	-0,591	0,319	0,744	0,795	0,818	0,844	0,940	0,948	0,951	0,954	0,954
-2,0	-3,605	-1,996	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,949	0,959	0,980	0,990	0,995	0,998	0,999
-1,9	-3,552	-1,989	-0,626	0,294	0,788	0,920	0,984	1,019	1,035	1,039	1,046	1,049	1,053
-1,8	-3,499	-1,981	-0,643	0,281	0,799	0,945	1,019	1,035	1,069	1,087	1,097	1,105	1,107
-1,7	-3,444	-1,972	-0,659	0,268	0,810	0,970	1,054	1,075	1,115	1,142	1,157	1,169	1,174
-1,6	-3,388	-1,962	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,093	1,116	1,163	1,197	1,216	1,231	1,238
-1,5	-3,330	-1,950	-0,690	0,240	0,825	1,018	1,131	1,157	1,193	1,258	1,284	1,306	1,316
-1,4	-3,271	-1,938	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,168	1,198	1,270	1,318	1,351	1,380	1,394
-1,3	-3,210	-1,924	-0,719	0,210	0,838	1,064	1,205	1,240	1,325	1,383	1,423	1,459	1,477
-1,2	-3,149	-1,910	-0,733	0,195	0,844	1,086	1,243	1,282	1,379	1,449	1,501	1,550	1,577
-1,1	-3,086	-1,894	-0,746	0,180	0,848	1,107	1,280	1,324	1,436	1,519	1,583	1,645	1,682
-1,0	-3,023	-1,877	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,317	1,366	1,492	1,588	1,664	1,740	1,786
-0,9	-2,957	-1,859	-0,769	0,148	0,854	1,147	1,353	1,407	1,549	1,660	1,749	1,842	1,899
-0,8	-2,891	-1,839	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,389	1,448	1,606	1,733	1,837	1,948	2,017
-0,7	-2,824	-1,819	-0,790	0,116	0,857	1,183	1,423	1,489	1,663	1,806	1,926	2,057	2,140
-0,6	-2,755	-1,797	-0,800	0,099	0,858	1,200	1,458	1,528	1,720	1,880	2,016	2,169	2,268
-0,5	-2,686	-1,774	-0,808	0,083	0,856	1,216	1,491	1,567	1,777	1,955	2,108	2,283	2,399
-0,4	-2,615	-1,750	-0,816	0,067	0,855	1,231	1,524	1,606	1,834	2,029	2,201	2,399	2,533
-0,3	-2,544	-1,726	-0,824	0,050	0,853	1,245	1,555	1,643	1,890	2,104	2,294	2,517	2,669
-0,2	-2,472	-1,700	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,586	1,679	1,945	2,178	2,388	2,637	2,808
-0,1	-2,400	-1,673	-0,837	0,017	0,846	1,270	1,616	1,716	2,000	2,253	2,482	2,757	2,948
0,0	-2,326	-1,645	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,645	1,751	2,054	2,326	2,576	2,878	3,090
0,1	-2,253	-1,616	-0,846	-0,017	0,836	1,292	1,673	1,785	2,107	2,400	2,670	3,000	3,233
0,2	-2,178	-1,586	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,700	1,818	2,159	2,472	2,763	3,122	3,377
0,3	-2,104	-1,555	-0,853	-0,050	0,824	1,309	1,726	1,849	2,211	2,544	2,856	3,244	3,521
0,4	-2,029	-1,524	-0,855	-0,067	0,816	1,317	1,750	1,880	2,261	2,615	2,949	3,366	3,666
0,5	-1,955	-1,491	-0,856	-0,083	0,808	1,323	1,774	1,910	2,311	2,686	3,041	3,487	3,811
0,6	-1,880	-1,458	-0,857	-0,099	0,800	1,329	1,797	1,939	2,359	2,755	3,132	3,609	3,956
0,7	-1,806	-1,423	-0,857	-0,116	0,790	1,333	1,819	1,967	2,407	2,824	3,223	3,730	4,100
0,8	-1,733	-1,389	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,839	1,993	2,453	2,891	3,312	3,850	4,245
0,9	-1,660	-1,353	-0,854	-0,148	0,769	1,339	1,859	2,018	2,498	2,957	3,401	3,969	4,388

1,0	-1,588	-1,317	-0,851	-0,164	0,758	1,340	1,877	2,043	2,542	3,023	3,889	4,088	4,531
1,1	-1,517	-1,280	-0,847	-0,180	0,746	1,341	1,894	2,066	2,584	3,086	3,575	4,206	4,673
1,2	-1,449	-1,243	-0,844	-0,195	0,733	1,341	1,910	2,088	2,626	3,149	3,661	4,323	4,815
1,3	-1,384	-1,206	-0,838	-0,210	0,719	1,339	1,924	2,108	2,666	3,210	3,745	4,438	4,955
1,4	-1,318	-1,168	-0,832	-0,225	0,705	1,337	1,938	2,128	2,706	3,271	3,829	4,553	5,095
1,5	-1,258	-1,131	-0,825	-0,240	0,690	1,333	1,950	2,146	2,743	3,330	3,910	4,666	5,234
1,6	-1,197	-1,093	-0,817	-0,254	0,675	1,329	1,962	2,163	2,780	3,388	3,990	4,779	5,371
1,7	-1,142	-1,056	-0,808	-0,268	0,659	1,324	1,972	2,178	2,814	3,444	4,069	4,889	5,507
1,8	-1,087	-1,020	-0,799	-0,282	0,643	1,318	1,981	2,193	2,848	3,499	4,147	4,999	5,642
1,9	-1,038	-0,985	-0,788	-0,295	0,626	1,311	1,989	2,206	2,880	3,552	4,223	5,107	5,775
2,0	-0,990	-0,949	-0,777	-0,307	0,609	1,303	1,995	2,219	2,912	3,605	4,298	5,215	5,908
2,1	-0,948	-0,916	-0,765	-0,319	0,591	1,294	2,001	2,229	2,941	3,655	4,371	5,320	6,039
2,2	-0,905	-0,881	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,006	2,239	2,970	3,705	4,444	5,424	6,168
2,3	-0,867	-0,850	-0,738	-0,341	0,556	1,273	2,010	2,248	2,997	3,753	4,515	5,526	6,295
2,4	-0,829	-0,819	-0,724	-0,351	0,537	1,262	2,013	2,256	3,023	3,800	4,585	5,627	6,421
2,5	-0,799	-0,790	-0,711	-0,360	0,518	1,250	2,012	2,262	3,048	3,845	4,651	5,728	6,548
2,6	-0,766	-0,762	-0,697	-0,369	0,499	1,238	2,011	2,268	3,072	3,889	4,717	5,827	6,673
2,7	-0,733	-0,734	-0,683	-0,378	0,480	1,226	2,010	2,274	3,096	3,932	4,782	5,926	6,798
2,8	-0,700	-0,706	-0,669	-0,387	0,461	1,214	2,009	2,280	3,120	3,975	4,847	6,025	6,923
2,9	-0,684	-0,686	-0,658	-0,392	0,441	1,197	2,006	2,284	3,136	4,013	4,909	6,115	7,038
3,0	-0,667	-0,665	-0,606	-0,396	0,420	1,180	2,003	2,278	3,152	4,051	4,970	6,205	7,152

Q 1 = descarga máxima esperada para TR 100 anos = 6.076,17 m³/s

$$Q1 = 10^{X+K*\sigma}$$

$$Q1 = 10^{3,2847+1,880*0,27}$$

$$Q1 = 6076,17$$

Vazão Máxima para o trecho entre a estação e a Ponte Projetada (Q2)

Para a vazão estimada para o trecho entre a estação e a Ponte Projetada, foi adotado o Método do Hidrograma Triangular Sintético e mantido o tempo de recorrência (TR) de 100 anos.

A = área de drenagem = 24.271,37 ha = 242,71 km²

L = comprimento do talvegue mais extenso = 20.761,37 m

Desnível = 7 m

i = declividade média do talvegue principal = 0,03 %

TR = tempo de recorrência adotado = 100 anos

K = coeficiente das características da bacia = 3,07

Para a definição de K, foram verificadas as áreas urbanizadas e não urbanizadas da sub-bacia do rio Itajaí-Açu até o ponto de estudo e da sub-bacia do rio Luís Alves, calculando a média ponderada com os resultados obtidos:

Área urbanizada estimada = 431,16 km²

Área não urbanizada estimada = 12.899,47 km²

Soma das áreas totais das sub-bacias = 13.330,63 km²

CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS	K
Terreno areno-argiloso coberto de vegetação intensa, elevada absorção	2
Terreno argiloso coberto de vegetação, absorção média apreciável	3
Terreno argiloso coberto de vegetação, absorção média	4
Terreno com vegetação média, pouca absorção	4,5
Terreno com rocha, escassa vegetação, baixa absorção	5
Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção	5,5
<p>Fonte: DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SANTA CATARINA. Instrução de serviço para estudo hidrológico, IS-06. Projeto de Implantação. Santa Catarina: dezembro, 1998. p. 5 – tabela 2</p>	

$$K = \frac{12899,47 * 3 + 431,16 * 5}{13330,63}$$

$$K = 3,07$$

tc = tempo de concentração da bacia = 1.908,56 minutos = 31,81 horas

$$tc_{(min)} = \frac{10}{K} * \frac{A_{(ha)}^{0,3} * L^{0,2}}{i^{0,4}}$$

$$tc_{(min)} = \frac{10}{3,07} * \frac{24271,37^{0,3} * 20761,41^{0,2}}{0,03^{0,4}}$$

$$tc_{(min)} = 1908,56$$

De = duração do excesso de chuva = 676,80 minutos = 11,28 horas

tp = tempo de pico = 24,73 horas

CN = coeficiente em função da cobertura do solo = 60

S = Função das características da bacia pelo CN = 6,67

P = precipitação para um tempo De = 208,09 mm = 8,20 pol

q = escoamento superficial = 124,83 mm = 4,91 pol

$$q_{pol} = \frac{(P_{pol} - 0,25 * S)^2}{P_{pol} + 0,85 * S}$$

$$q_{pol} = \frac{(8,2 - 0,25 * 6,67)^2}{8,2 + 0,85 * 6,67}$$

$$q_{pol} = 4,91$$

Qp (Trecho 2) = descarga máxima = 159,48 m³/s

$$Qp = \frac{0,208 * A_{km^2} * q_{mm}}{tp}$$

$$Qp = \frac{0,208 * 242,71 * 78,11}{24,73}$$

$$Qp(\text{Trecho 2}) = 159,48$$

Vazão Máxima do Rio Luís Alves (Q3)

Para calcular a vazão máxima do rio Luís Alves, que deságua imediatamente antes do local de projeto (não possui registros de vazões), somado ao trecho entre a estação e o ponto onde a ponte está projetada (também sem registros de vazões), foi adotado o valor proporcional entre a vazão e a área total do trecho 1.

A1 = Área de drenagem do Trecho 1 = 12.504,91 km²

A3 = Área de drenagem do Trecho 3 = 583,01 km²

Qp1 = Descarga Máxima no Trecho 1 = 6.076,17 m³/s

Qp3 = Descarga Máxima no Trecho 3 = 283,29 m³/s

$$Qp3 = \frac{A3 * Qp1}{A1}$$

$$Qp3 = 283,29 \text{ m}^3/\text{s}$$

Qp (Trecho 3) = descarga máxima = 283,29 m³/s

Q_(t) = vazão máxima estimada para TR 100 anos no ponto da ponte projetada Rio Itajaí-Açú

= Q1 (Trecho 1) + Q2 (Trecho 2) + Q3 (Trecho 3-Rio Luiz Alves)

= 6,076,17 m³/s + 159,48 m³/s + 283,29 m³/s

= vazão total de 6.518,94 m³/s

D ESTUDO GEOTÉCNICO

D. ESTUDO GEOTÉCNICO

O estudo geotécnico foi norteado pela Instrução de Serviço IS-07, do DEINFRA/SC e pelas disposições constantes nos Termos de Referência do Edital de Licitação RDC 166/SIE/2022.

Tem como objetivo caracterizar o comportamento geo-mecânico dos materiais existentes no pavimento, no subleito, nas fundações dos aterros e nas ocorrências de empréstimos e jazidas de materiais de construção para as obras de pavimentação.

1 Análise de Projetos Existentes

Visando o conhecimento sobre os dados geotécnicos na região que o trecho se desenvolve, foi pesquisado o projeto existente a seguir.

1.1 Projeto de Engenharia Existente de pavimeação da rodovia - Projeto de Duplicação da Rodovia BR-101, Segmento: km 112 ao km 135,8

Em 1995 foi elaborado pela empresa SOTEPA Ltda, o Projeto Final de Engenharia da rodovia BR-101, Subtrecho: Entr. SC-470 ao Entr. SC-411, segmento: km 112 ao km 135,8, sendo que o subleito apresentava valores de ISC de 4,9 a 6,0%.

1.2 Projeto de Engenharia Existente de pavimentação da rodovia - Projeto de Duplicação da Rodovia BR-470, Segmento: km 0,0 ao km 73,1 – Lote 01: Km 0,0 ao Km18,61

Em 2013 foi elaborado pela empresa PROSUL Ltda, o Projeto Final de Engenharia da rodovia BR-470, Lote 01, segmento: km 0,0 ao km 18,61, sendo que o subleito apresentava valores de ISC de 1,8 a 6,0% nas proximidades do cruzamento com o projeto da VIAMAR.

2. Estudo Geotécnico Visando a Pavimentação

2.1 Introdução

O Estudo Geotécnico visando a pavimentação do trecho a ser implantado tem como objetivo a identificação, a determinação das características físico-mecânicas e a classificação dos materiais, destinados aos serviços de terraplenagem e de pavimentação, além de fornecer informações das condições das fundações de aterros, estabilidade de taludes e sobre a presença e altura do lençol freático.

A finalidade destes estudos foi, ainda, a pesquisa de fontes de materiais de construção em geral, bem como a obtenção de elementos para:

- Projeto de Terraplenagem:
 - estudo das fundações de aterros;
 - estudo de estabilidade de taludes de cortes e aterros;
 - orientação da terraplenagem, e;
 - classificação dos materiais a serem escavados.
- Projeto de Drenagem:
 - estudo de materiais para a drenagem profunda; e,
 - localização e posicionamento dos drenos profundos.
- Projeto de Pavimentação:
 - estudo de materiais para a constituição da estrutura do pavimento; e,
 - estudo do subleito para fins de dimensionamento do pavimento.

O plano de trabalho adotado no desenvolvimento dos estudos geotécnicos compreendeu as seguintes fases:

- Fase preliminar: onde determinou-se a programação de investigações geotécnicas;
- Fase de campo: destinada às prospecções geotécnicas e coleta de amostras;
- Fase de laboratório: em que foram executados os ensaios; e,
- Fase de escritório: em que os resultados foram analisados e processados.

2.2. Estudos do Subleito

2.2.1. Generalidades

A programação e realização dos furos de sondagens à trado e a picareta, foi efetuada conforme a Instrução de Serviço IS 07, onde foram coletadas amostras para caracterização do subleito.

Partindo-se dos elementos fornecidos pelo projeto geométrico (seções transversais, traçado em planta e perfil e da locação do terreno) e em conformidade com o estabelecido pelas instruções de serviço do DEINFRA, foi efetuada a programação e realização dos furos de sondagens à trado e a pá/picareta, onde foram coletadas amostras para caracterização do subleito.

2.2.2 Serviços de Campo

Os serviços de campo consistiram em levantamentos que procuraram identificar os seguintes elementos:

- as camadas de solos e rochas encontradas; e,
- o nível freático, se atingido.

O levantamento consistiu na execução de sondagens a pá/picareta e trado, com classificação expedita dos materiais constituintes de todas as camadas encontradas, coletando-se amostras para a realização de ensaios físicos e mecânicos.

Na oportunidade foi verificada a existência do lençol freático e medida no local da sondagem a profundidade de seu nível a partir da superfície do terreno.

As sondagens atingiram profundidades que alcançaram, no mínimo, 1,0 (um) metro abaixo das cotas previstas para o greide de terraplenagem, para coleta de amostras e até 1,50m para verificação do lençol freático.

Foram realizadas também sondagens a pá/picareta e trado para verificação do tipo de solo ocorrente sob os aterros projetados.

2.2.3 Serviços de Laboratório

Os serviços de laboratório consistiram em:

- preparo das amostras recebidas; e
- ensaios convencionais sobre corpos de prova ou amostras preparadas.

Os ensaios convencionais realizados foram os seguintes:

- análise granulométrica simples;
- análise granulométrica com sedimentação;
- limite de liquidez;

2.3 Análise Estatística dos Resultados dos Ensaios

Para a análise estatística dos resultados dos ensaios foi utilizado o plano de amostragem indicado no Manual de Pavimentação de 2006 do DNIT, conforme a equação abaixo:

$$X = \bar{X} \pm \frac{1,2 \sigma_9}{\sqrt{N}} \pm 0,6 \sigma_8$$

onde:

X = Valores máximos e mínimos do parâmetro estudado a uma determinada probabilidade;

\bar{X} = Média aritmética dos valores amostrais;

N = Número de amostras; e,

σ = Desvio padrão.

Efetuada a análise estatística, determinou-se o valor do Índice de Suporte Califórnia de projeto (ISCp), apresentado a seguir.

$$ISC_m = 6,16$$

$$\sigma = 0,69$$

$$N = 24$$

$$ISC_p = 2,31\%$$

A conclusão que se chega é para a necessidade de importação de material, sendo viável a execução das últimas camadas de terraplenagem com material pétreo, optando-se pela camada de macadame-seco. **Assim admite-se para o ISCp igual a 20%.**

Estão apresentados em anexo, ao final deste capítulo, todos os boletins das sondagens a trado, o resumo e os ensaios realizados, os boletins das sondagens a percussão.

2.4 Pedreiras, Usinas de Asfalto e Areais Pesquisadas

A seguir estão apresentadas as pedreiras, usinas de asfalto e areais pesquisadas e localizadas mais próximas ao Corredor Litorâneo, e que podem atender a obra.

2.4.1 Gaspar Britagem

A britagem Gaspar Ltda está localizada na BR-470, km 45, Belchior Baixo - Gaspar/SC. Coordenadas UTM 22s 697231; 7025679. Possui pedreira, britagem e usinas de solos e asfalto.



Figura 1 - Pedreira Gaspar

2.4.2 Barracão Britagem

A pedreira Britagem e Pavimentadora Barracão está localizada na margem esquerda da SC-108 - rodovia Ivo Silveira, sentido Brusque/Gaspar, no ponto de coordenadas UTM 0709107/7010780, no bairro Barracão no município de Gaspar.



Figura 2 – Pedreira Barracão

2.4.3 Pedreira Baltt

Na localidade de Porto Escalvados, no município de Penha, foi inspecionada a ocorrência de rocha, que se constitui na Pedreira BALTT Indústria e Comércio de Pedras Vale do Itajaí Ltda, no ponto de coordenadas UTM 0730783/7033384, no lado direito da BR-101, próximo da ponte do rio Itajaí-Açu na cidade homônima, distante do OPP da SC-412, 13,6km, pavimentados e 15,7 Km do Canteiro de Obras/ acesso ao trecho em projeto da VIAMAR.

Possui praça de trabalho implantada e possui no âmbito das instalações da pedreira equipamentos de britagem, usina de solo e de asfalto em operação.

São produzidos no local brita 0, brita 1, brita 2, brita 3, brita 3a e brita 4, pedrisco, pó especial, areia industrial, rachão, saibro e macadame.



Figura 3- Pedreira Baltt

2.4.4 C.E.R.B Casseca Britagem

Localizado no município de Camboriú, no bairro Rio Pequeno, coordenadas UTM 22S 736338/7007500, na rua Antônio Lopes Gonçalves Bastos, N° 1888 .

O material pétreo se constitui de granitos e milonitos referentes ao Granito Ponta do Cabeço e o Complexo Camboriú.

São produzidos no local brita 0, brita 1 (beneficiada), brita 2, brita 3, brita 4, brita 0 (beneficiada), brita fina (pó), areia (brita fina beneficiada), pedra marroada, base (brita graduada), cascalho fino, cascalho e cascalho grosso.



Figura 4- E.3.4 C.E.R.B Casseca Britagem

2.4.5 Usinagem Bateias

Localizado no município de Itajaí, bairro Itaipava, Rua Ari Zermiani 2002, coordenadas SIRGAS 2000 UTM 22S 724325/7018860, cep 88316-430.



Figura 5 - Mapa área minerária (areal) Usinagem Bateias LTDA