








Balneário Piçarras - Penha

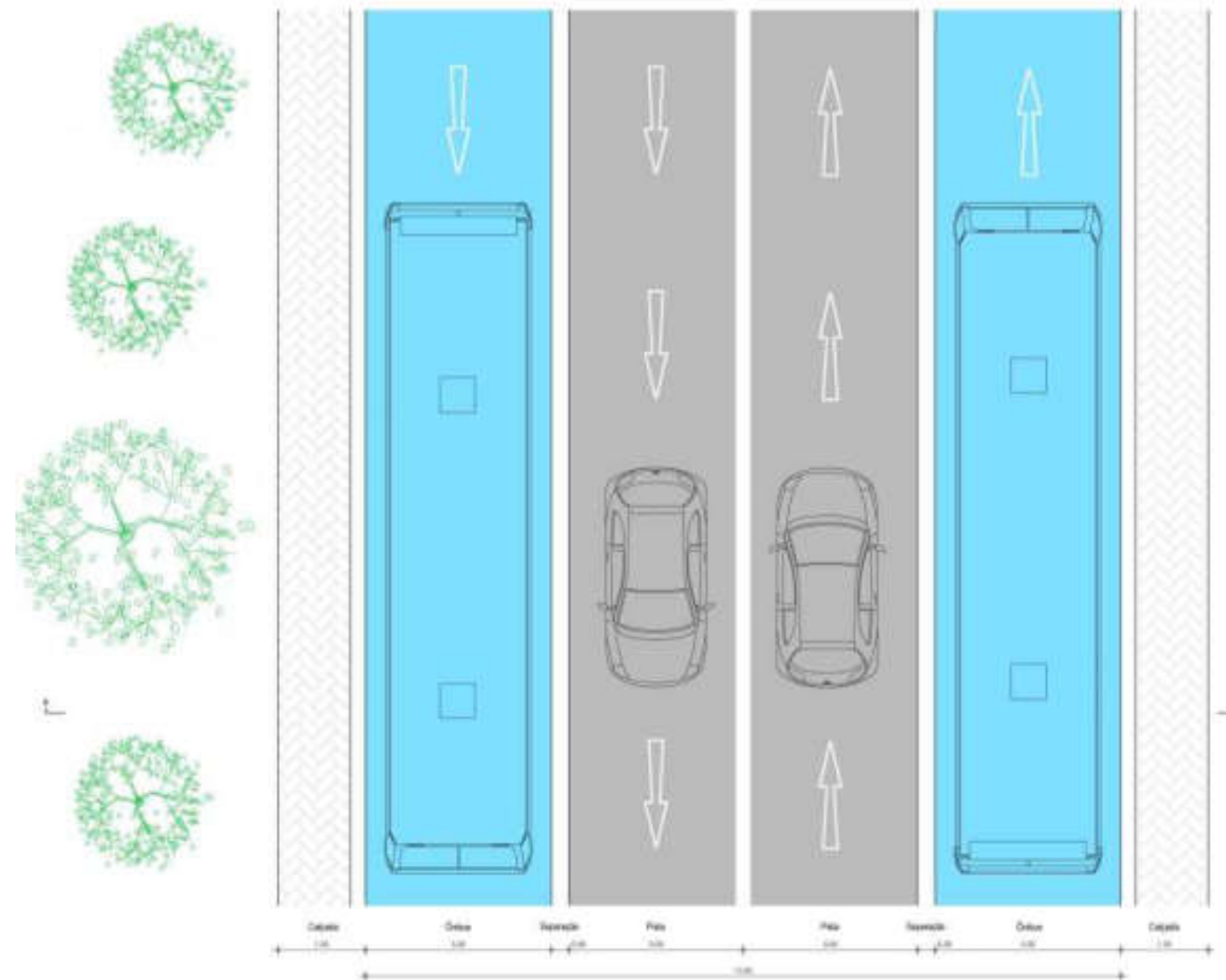
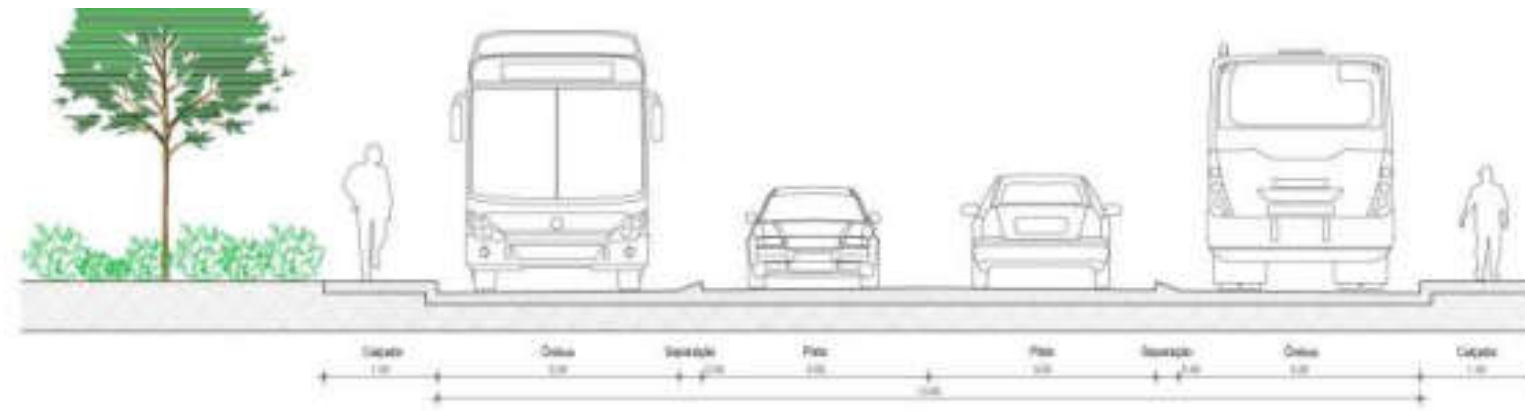


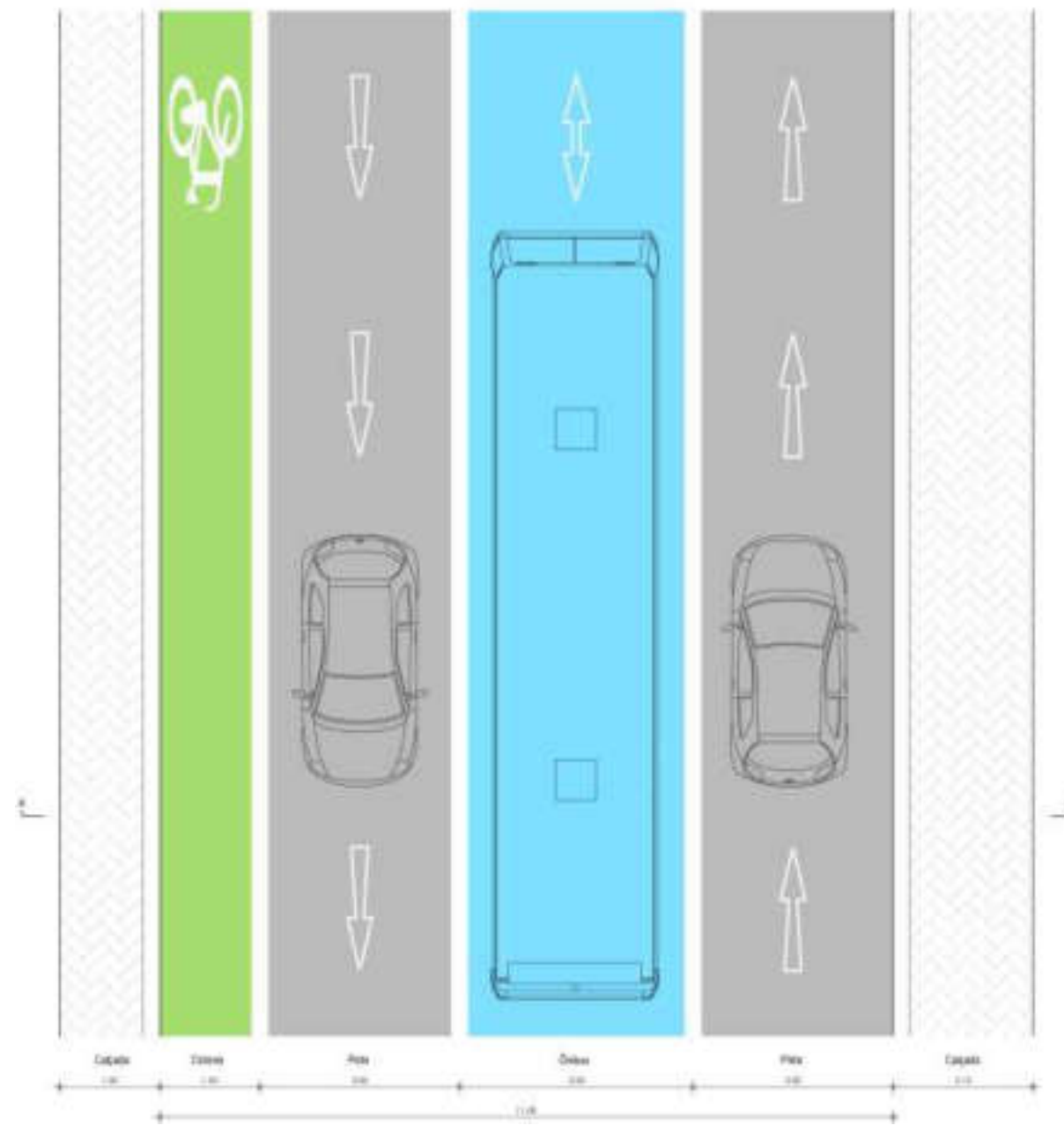
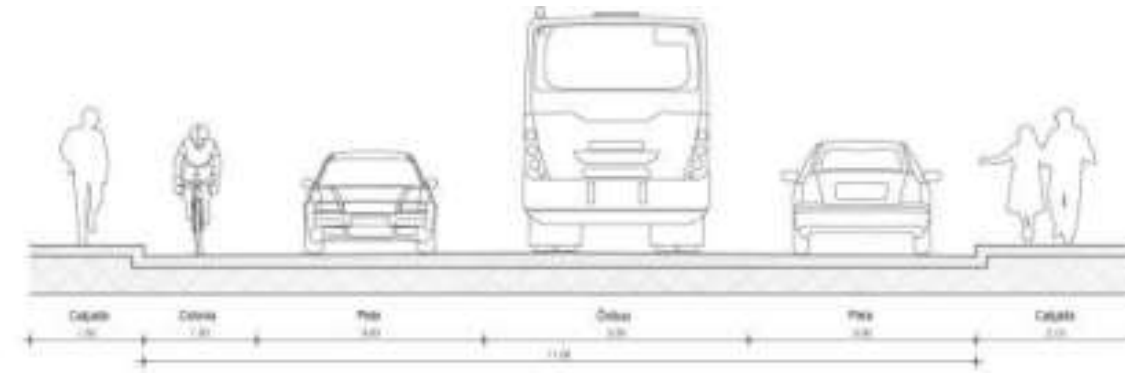
Legenda		Av.Nereu Ramos (Penha)	
 Estação	 Ampliação de via proposta	 Nova via proposta	
	 Ampliação de via prevista no planejamento	 Nova via prevista no planejamento	

Cliente 	Consultor 	Mapa Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)	Escala (DinA3) 1:3000	Número Mapa 67 / 84	Data 25/10/19
--	---	---	--------------------------	------------------------	------------------

Av. Nereu Ramos (Balneário Piçarras)

Av. Nereu Ramos (Penha)





Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

Número Mapa

67 / 84

Data



25/10/19

Penha

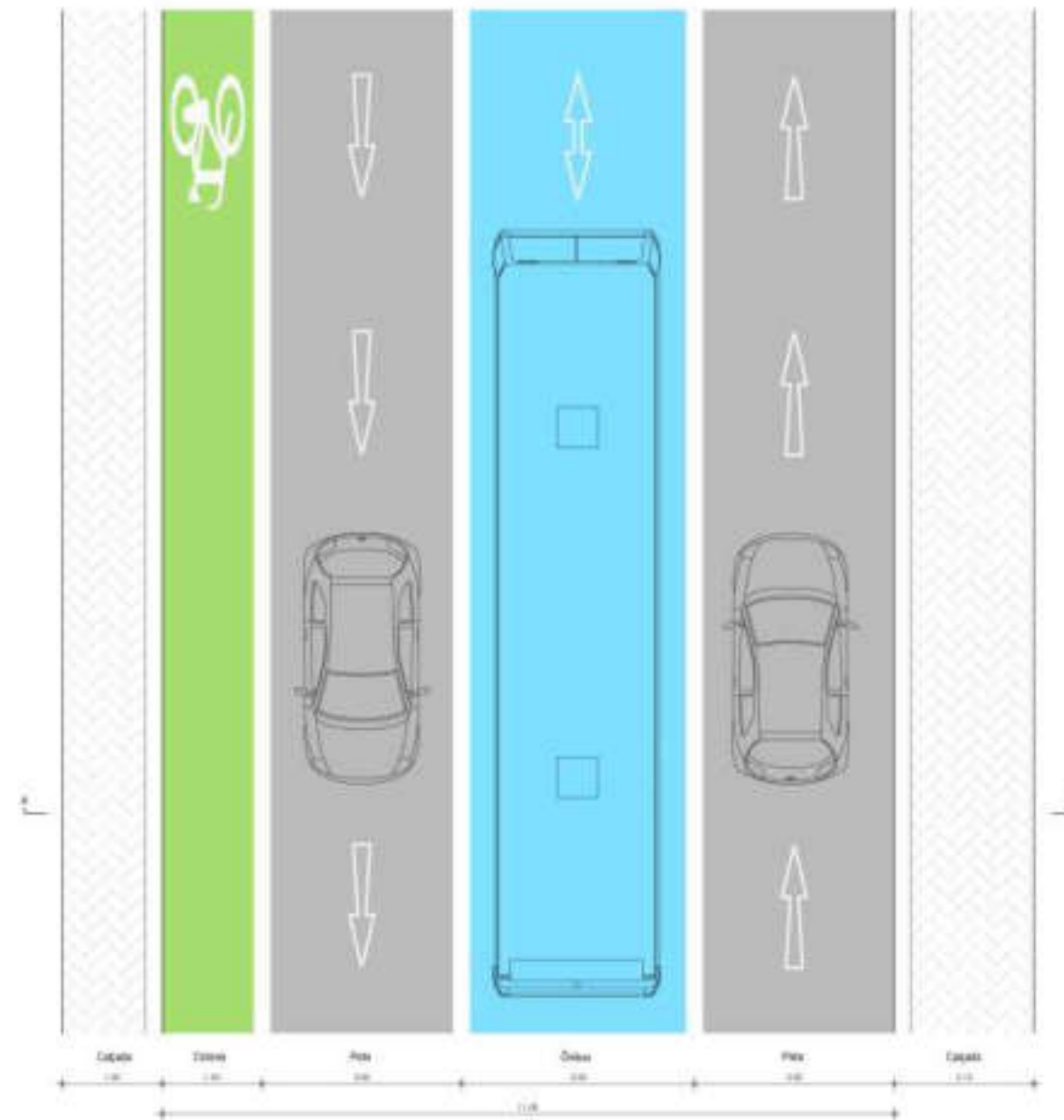
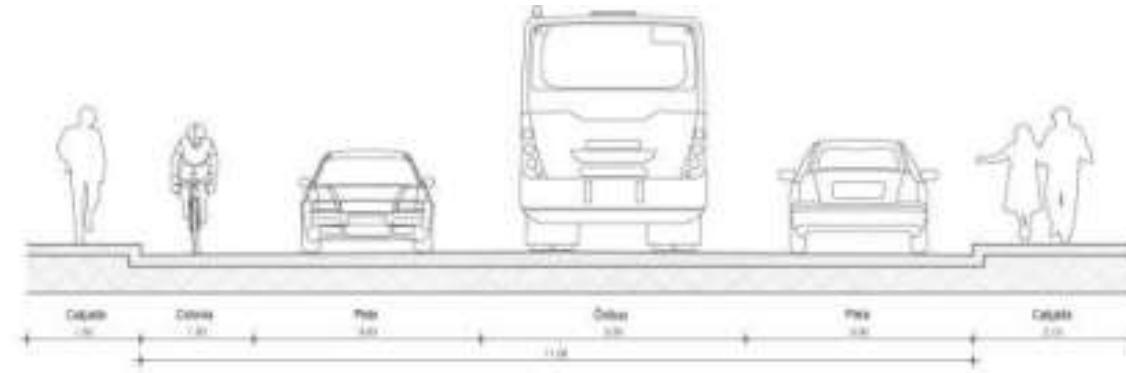


Legenda

- Estação
- Ampliação de via proposta
- Nova via proposta
- Ampliação de via prevista no planejamento
- Nova via prevista no planejamento

<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>68 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

Av. Nereu Ramos



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

Número Mapa

68 / 84

Data

25/10/19



Penha



Legenda

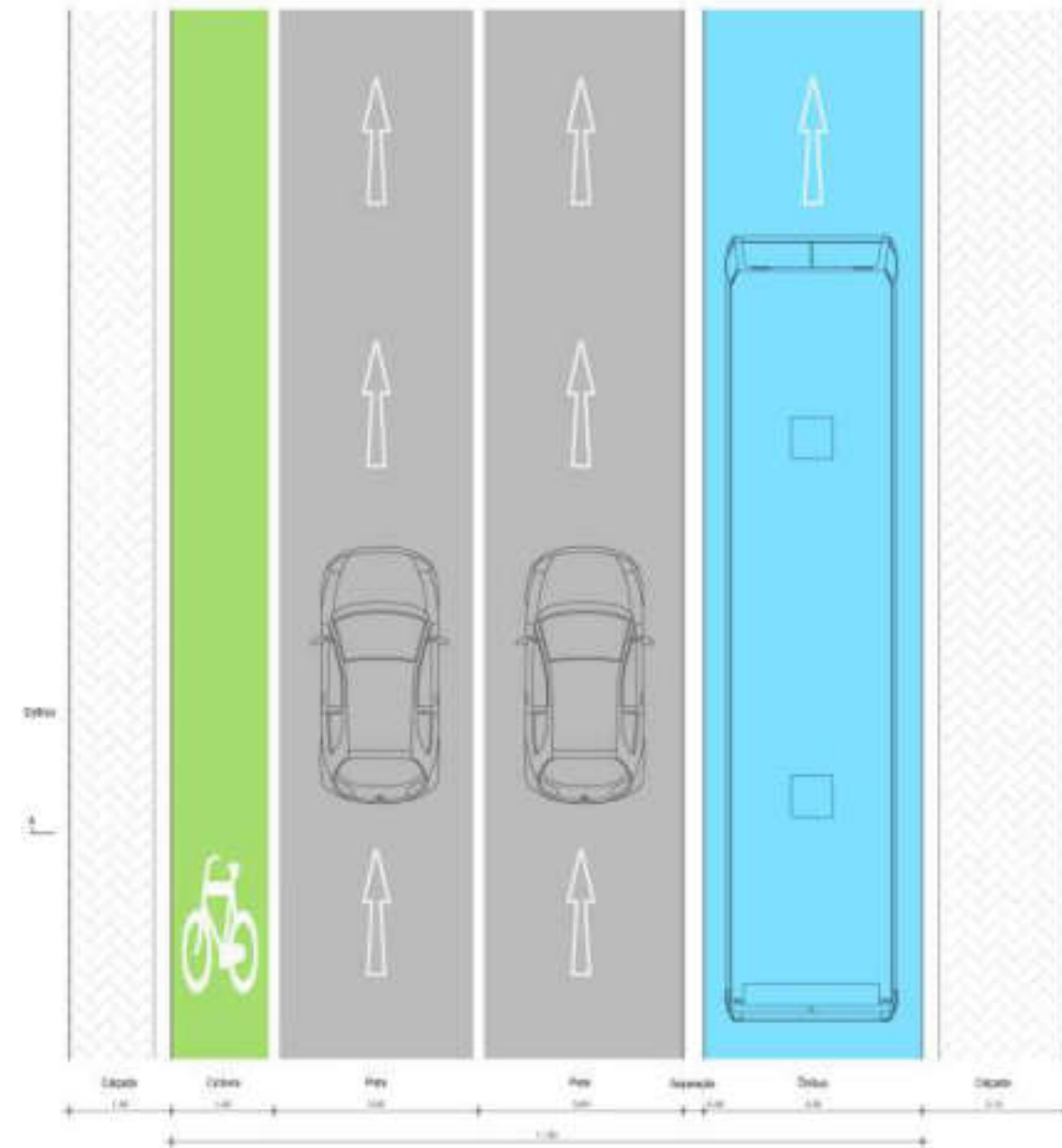
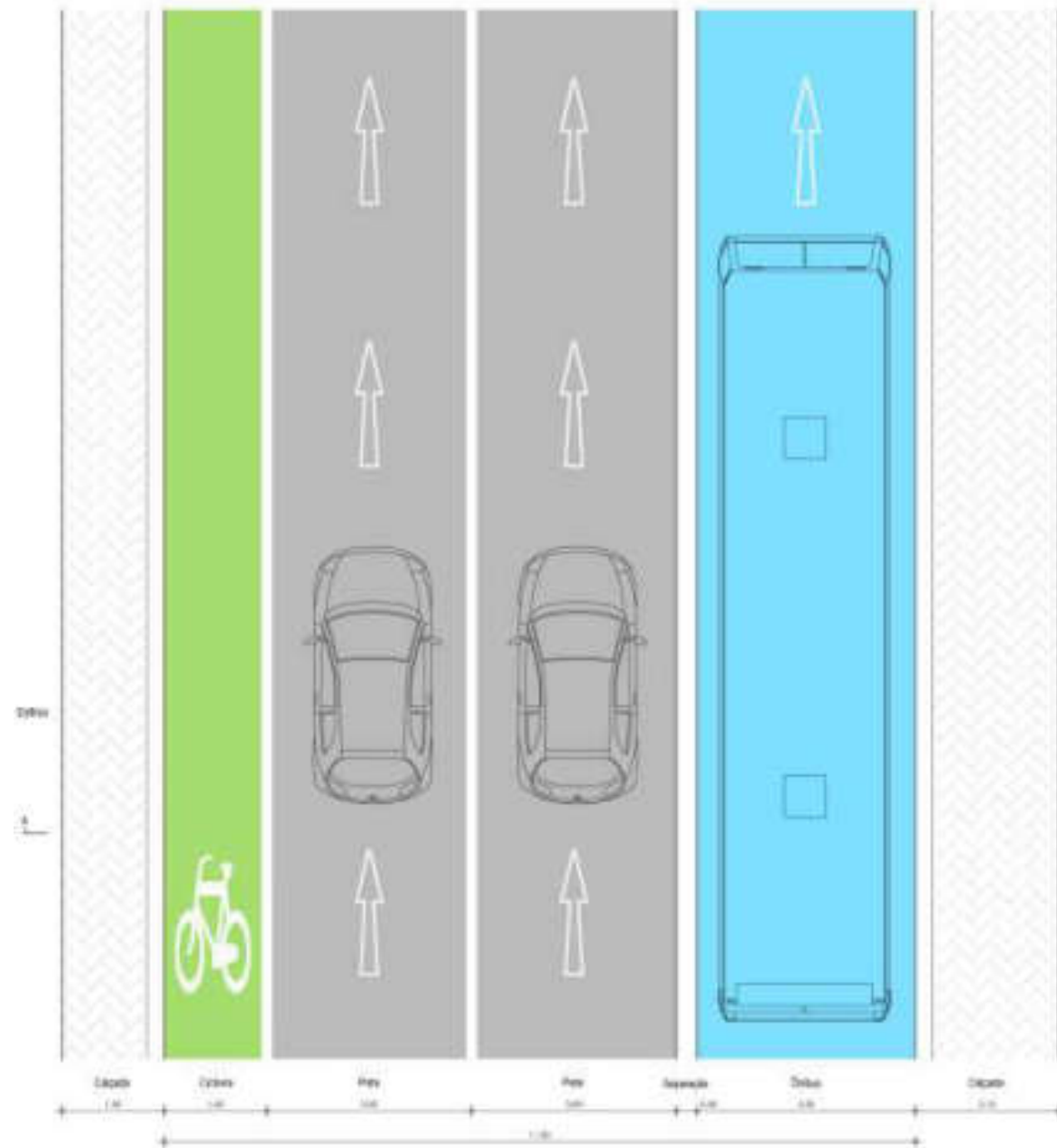
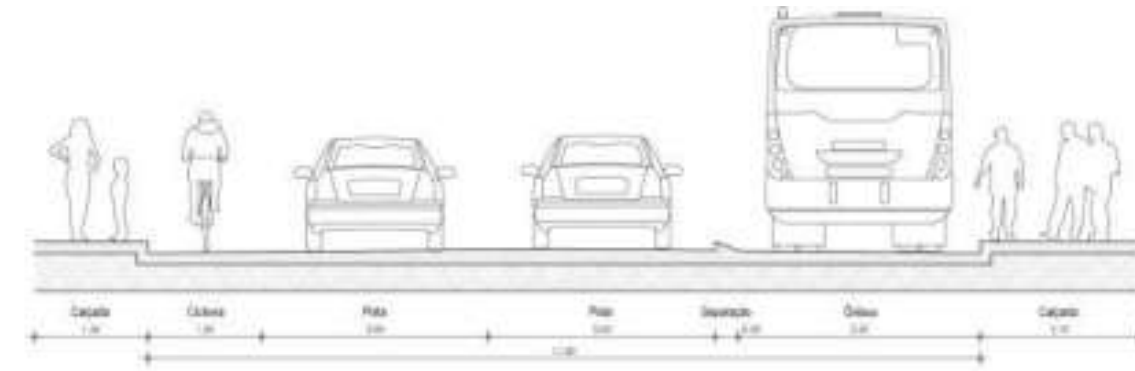
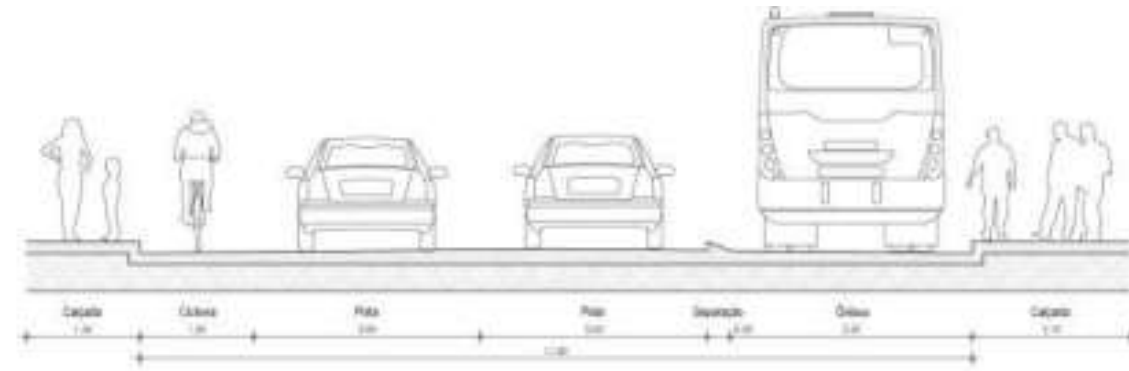
Av. Antônio J. Tavares

- Estação
- Ampliação de via proposta
- Ampliação de via prevista no planejamento
- Nova via proposta
- Nova via prevista no planejamento

<p>Cliente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>69 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
--	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

Av. Eugenio Krause

Av. Antônio J. Tavares



Penha



Legenda

Estação	Ampliação de via proposta	Nova via proposta
	Ampliação de via prevista no planejamento	Nova via prevista no planejamento

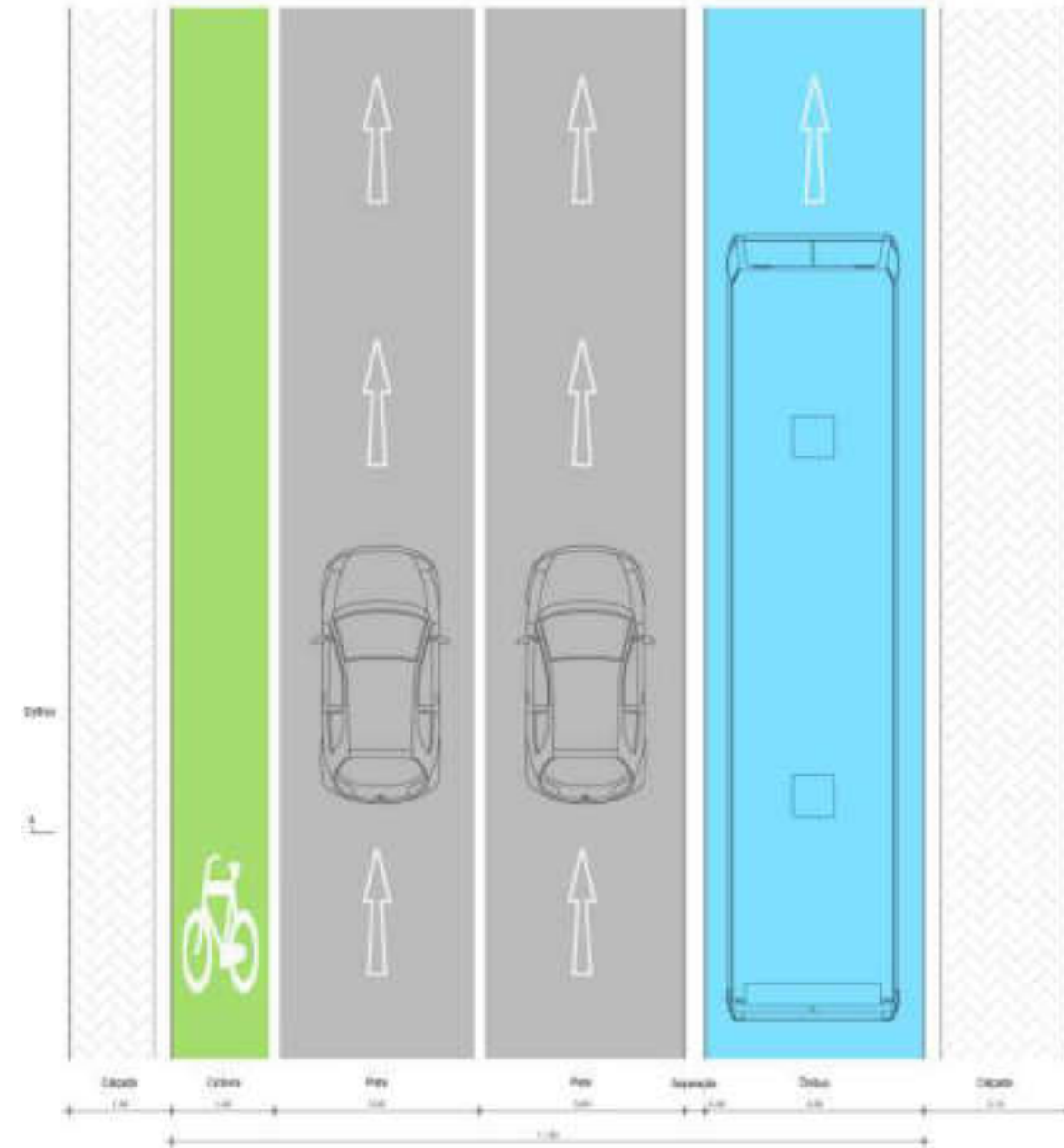
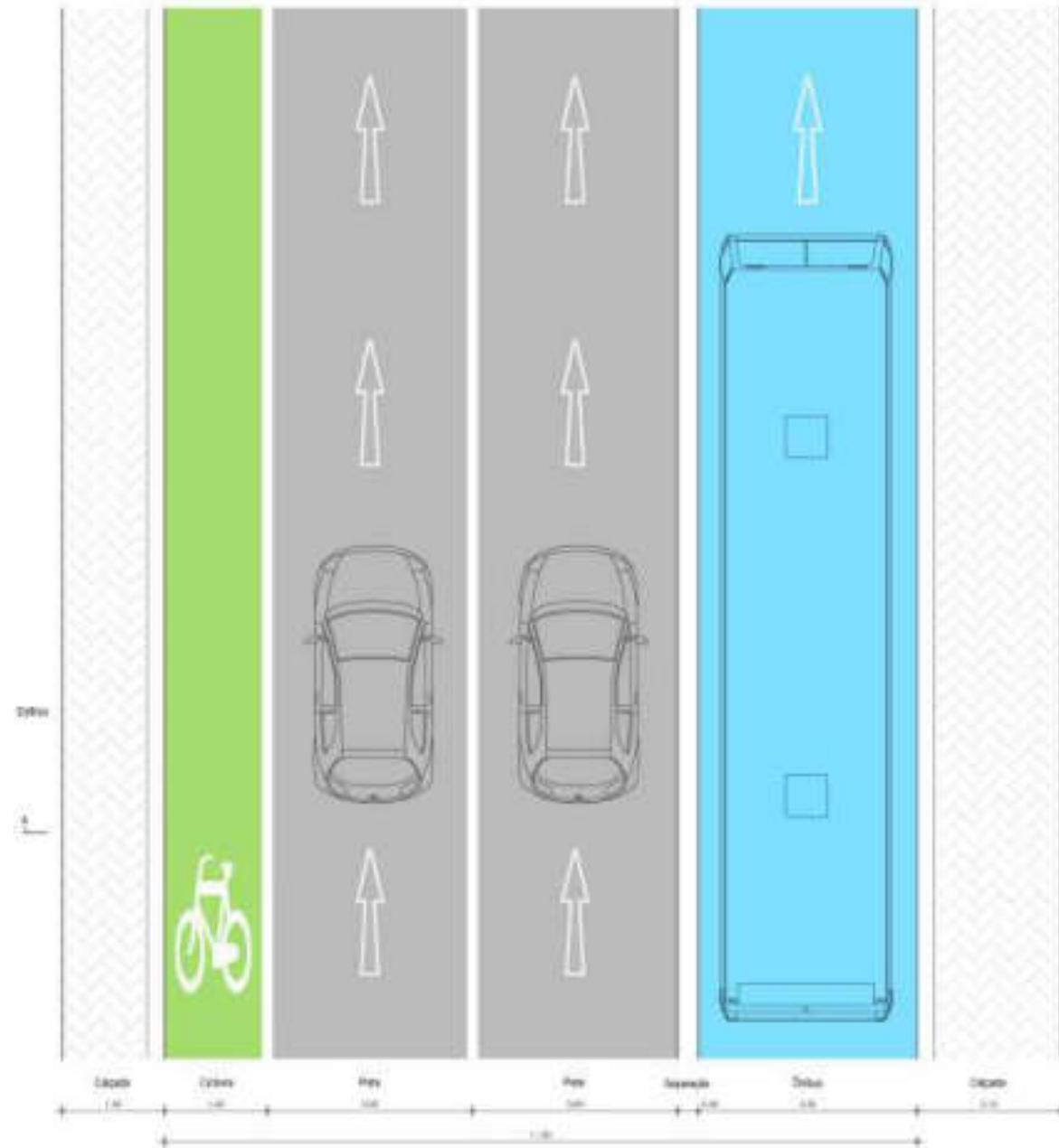
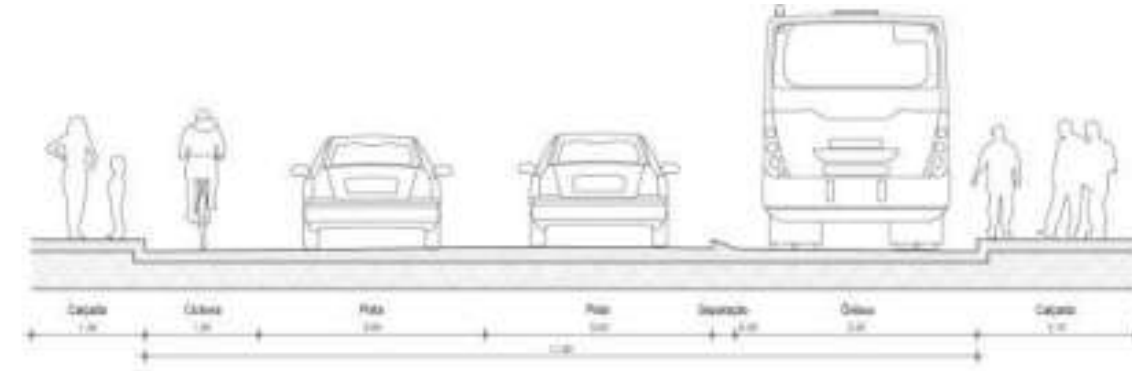
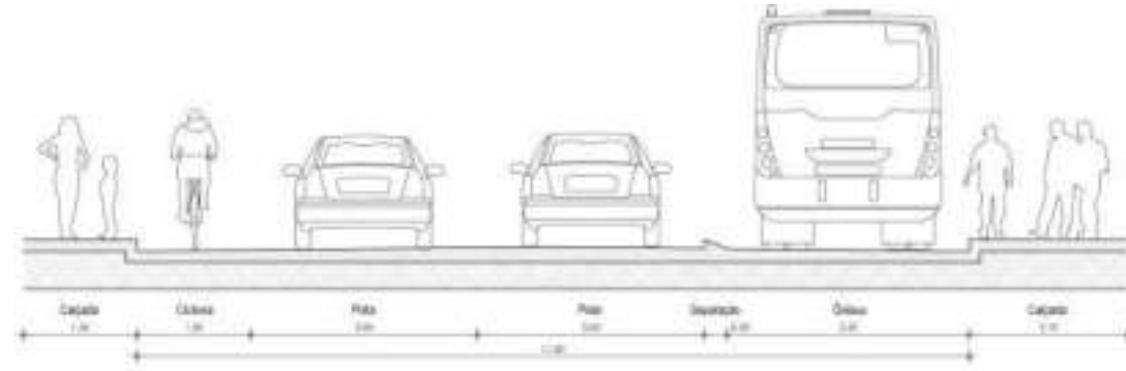
Av. Antônio J. Tavares

<p>Cliente</p>	<p>Consultor</p>	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>70 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
----------------	------------------	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------



Av. Eugenio Krause

Av. Antônio J. Tavares



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

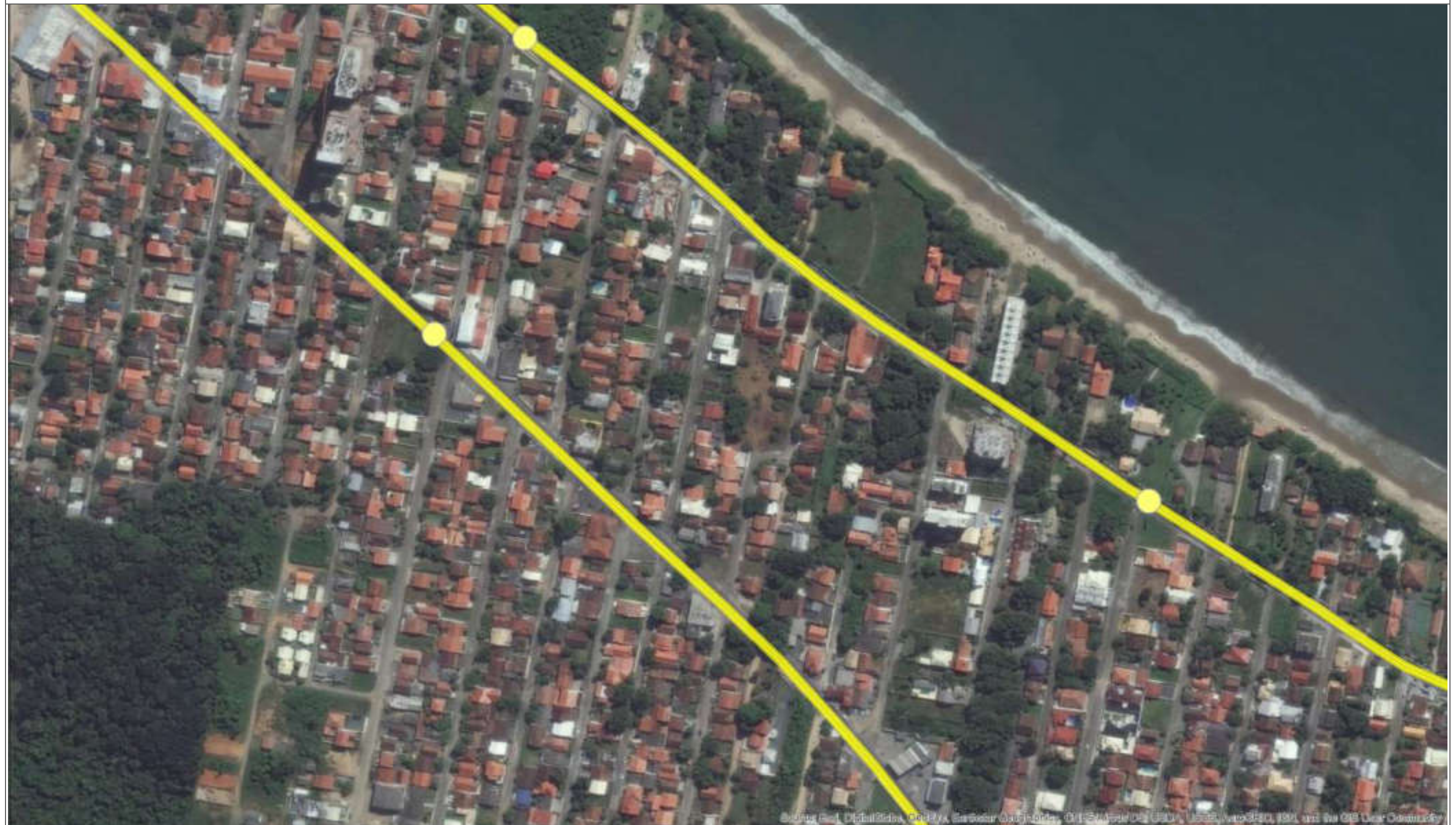
Número Mapa

70 / 84

Data

25/10/19



Penha



Legenda

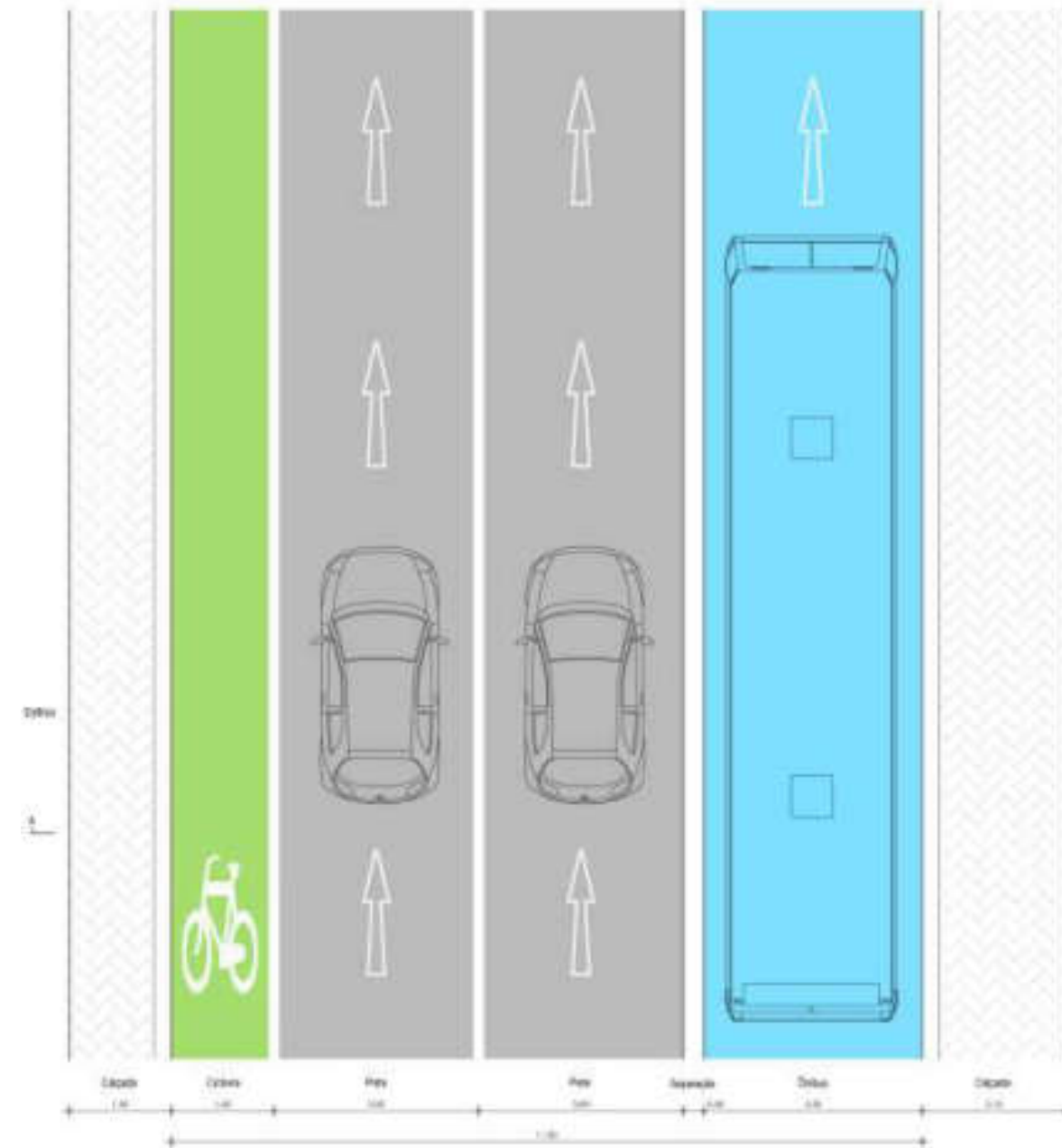
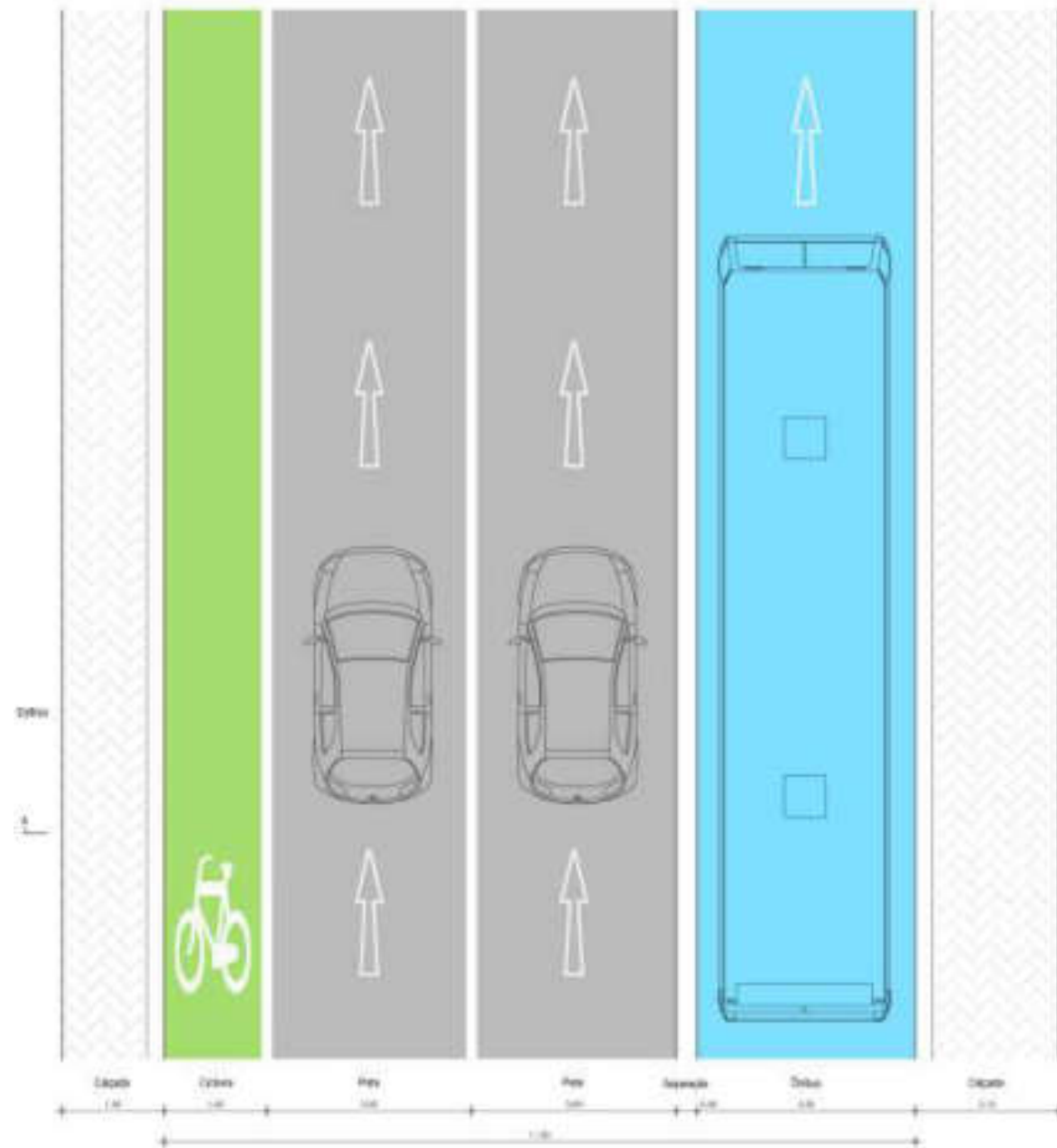
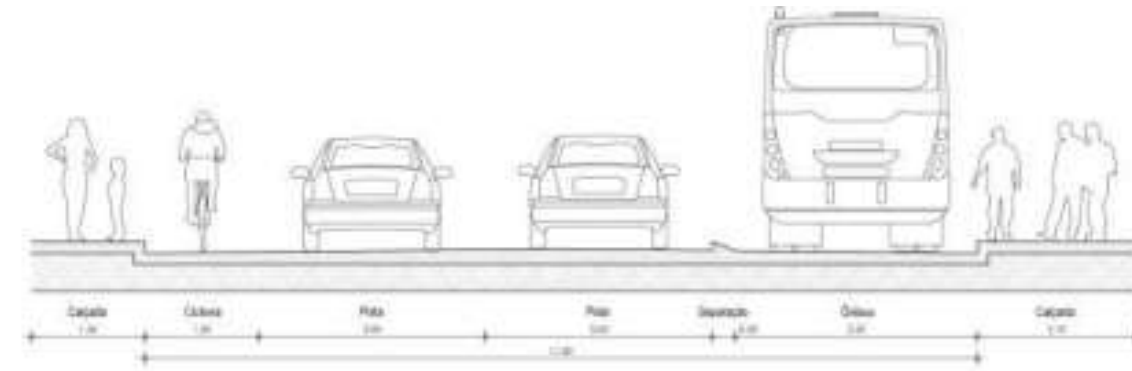
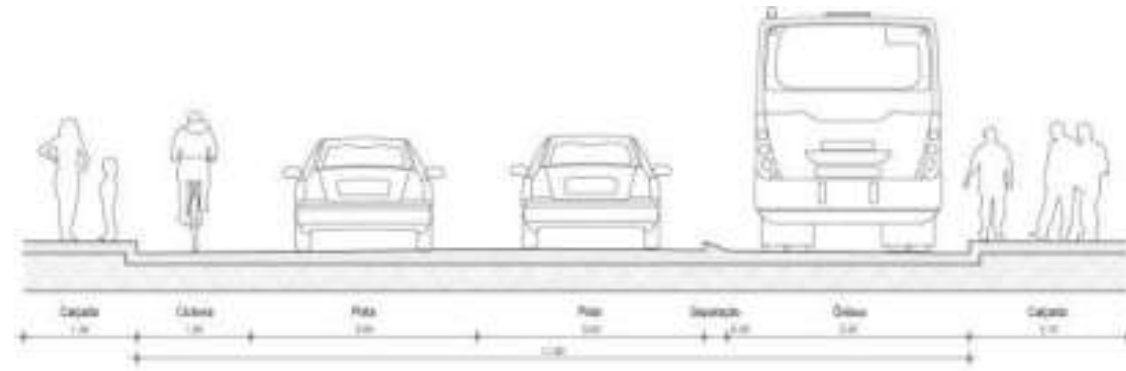
Av. Itapocoróí

- Estação
- Ampliação de via proposta
- Nova via proposta
- Nova via prevista no planejamento
- Ampliação de via prevista no planejamento

<p>Cliente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>71 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
--	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

Av. Eugenio Krause

Av. Itapocorói



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

Número Mapa

71 / 84

Data

25/10/19

Penha



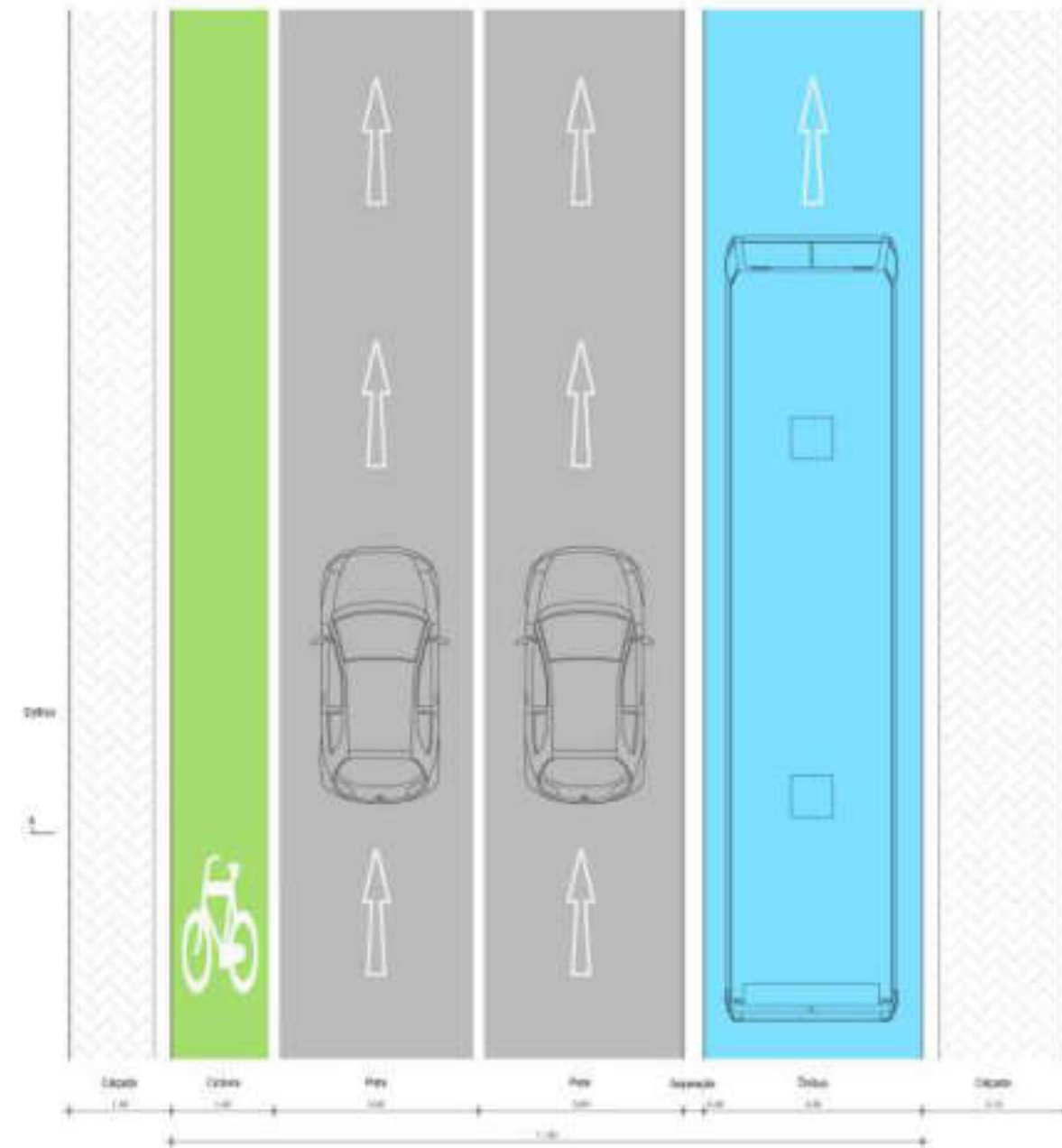
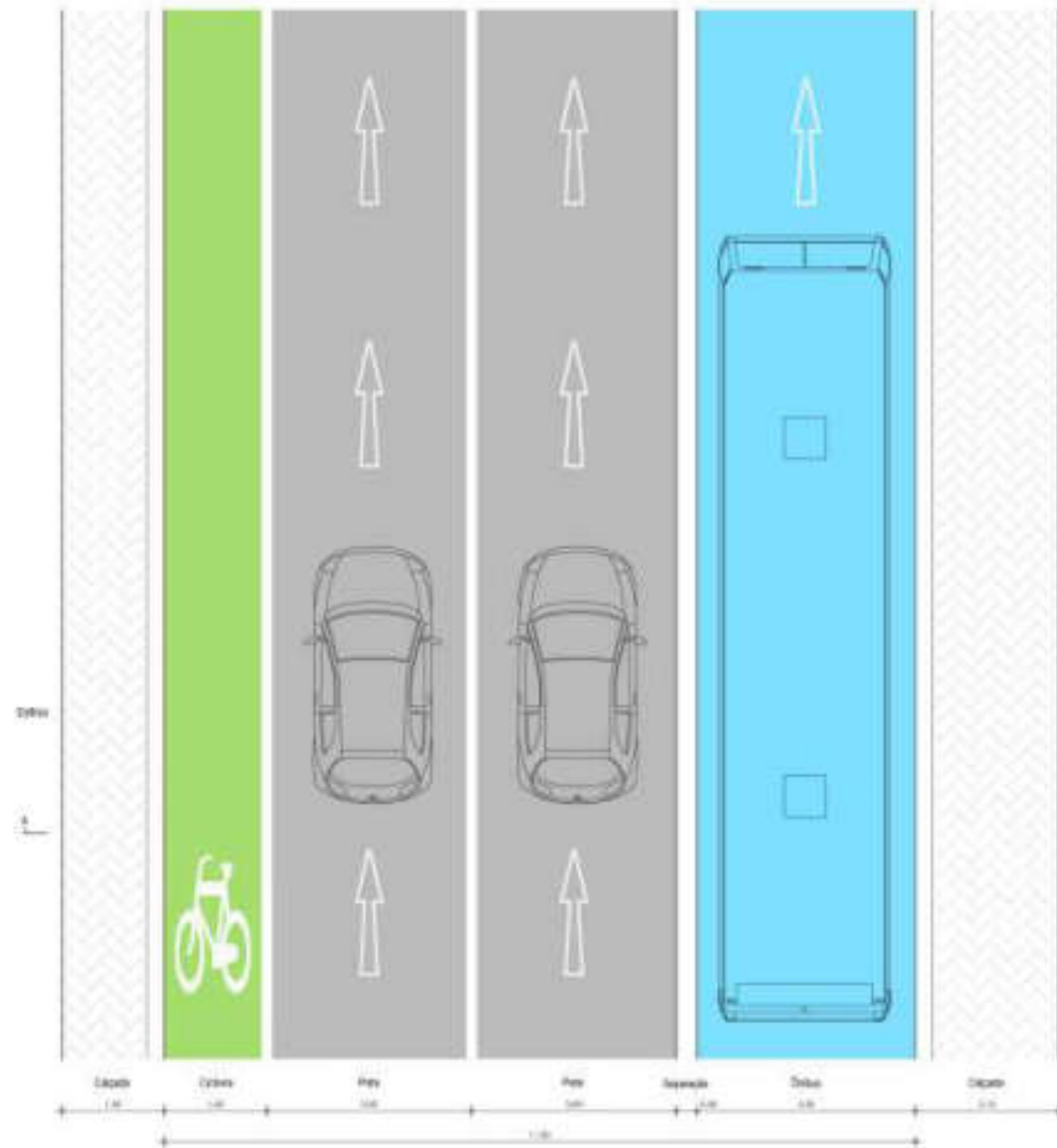
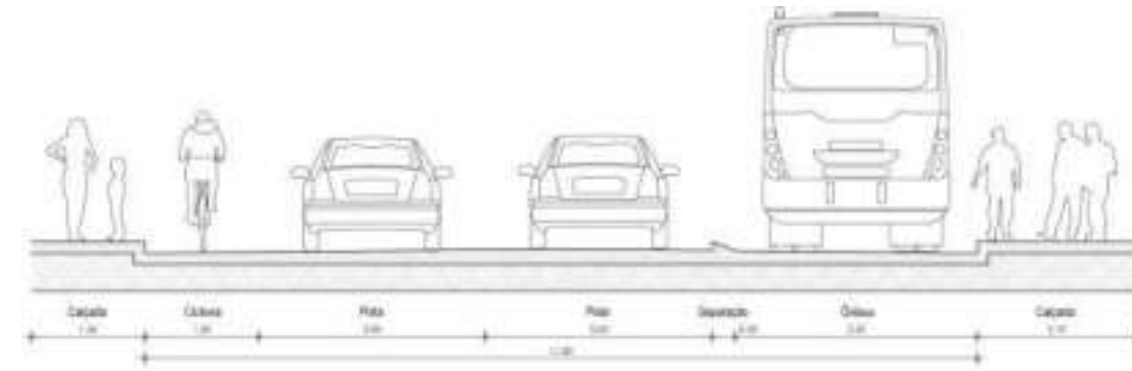
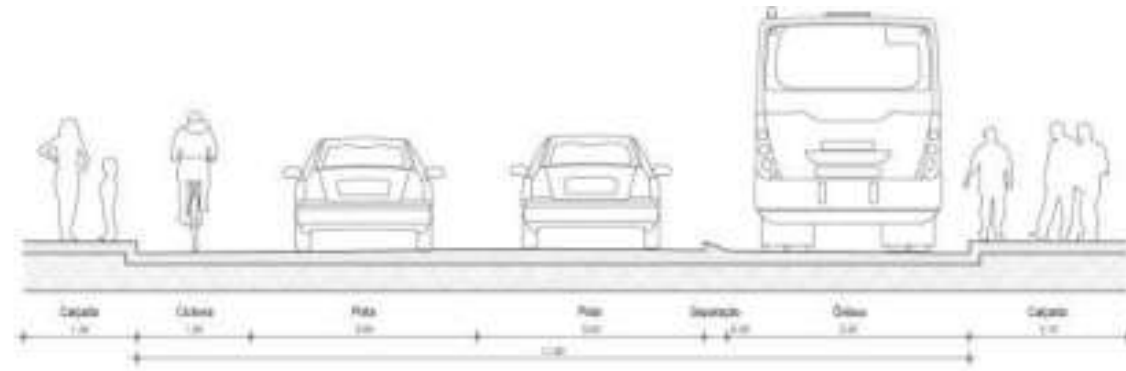
Legenda Av. Itapocoróí

Estação	Ampliação de via proposta	Nova via proposta
	Ampliação de via prevista no planejamento	Nova via prevista no planejamento

Cliente 	Consultor 	Mapa Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)	Escala (DinA3) 1:3000	Número Mapa 72 / 84	Data 25/10/19
-------------	---------------	---	--------------------------	------------------------	------------------

Av. Eugenio Krause

Av. Itapocorói



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

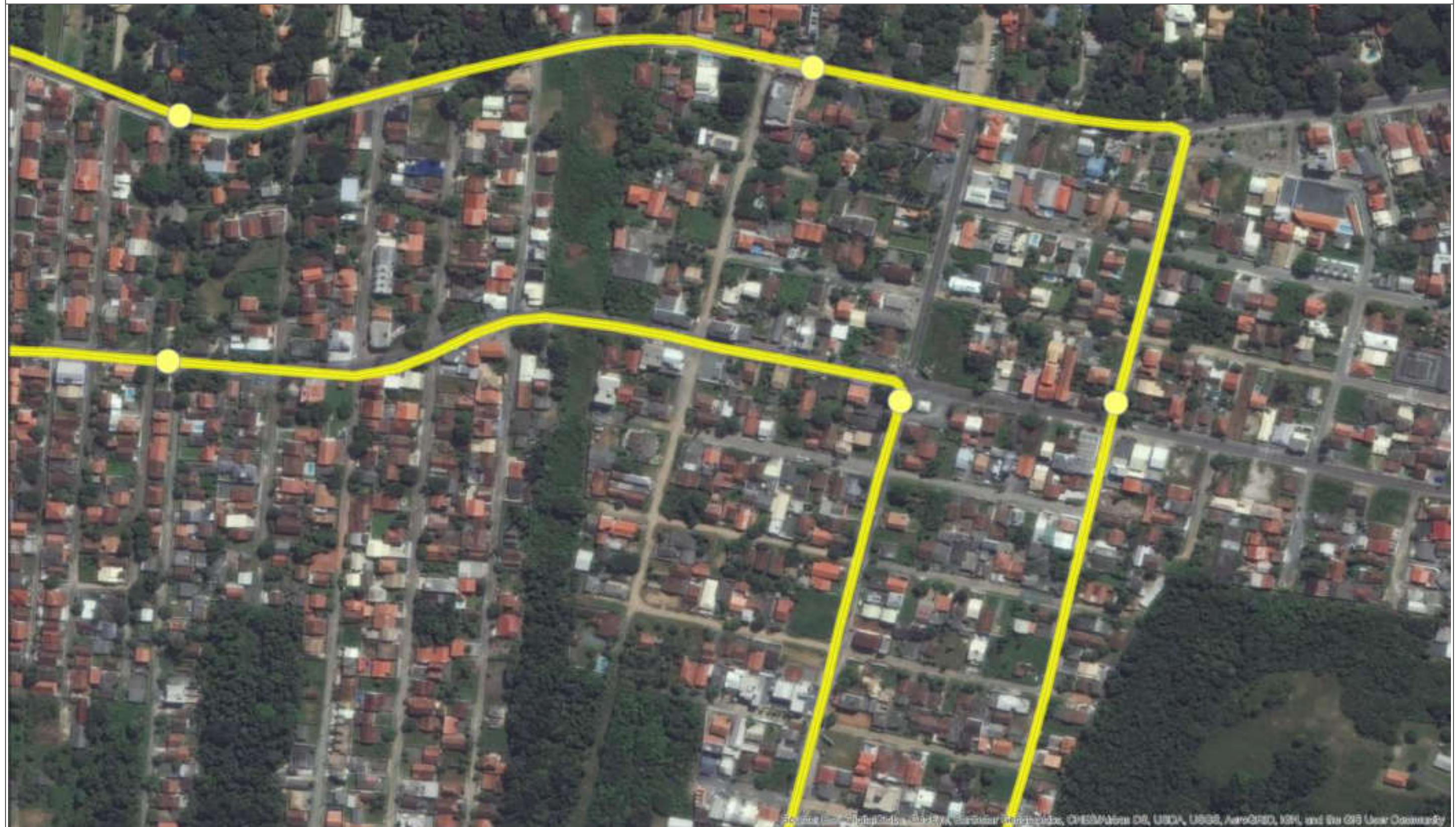
Número Mapa

72 / 84

Data

25/10/19



Penha



Legenda

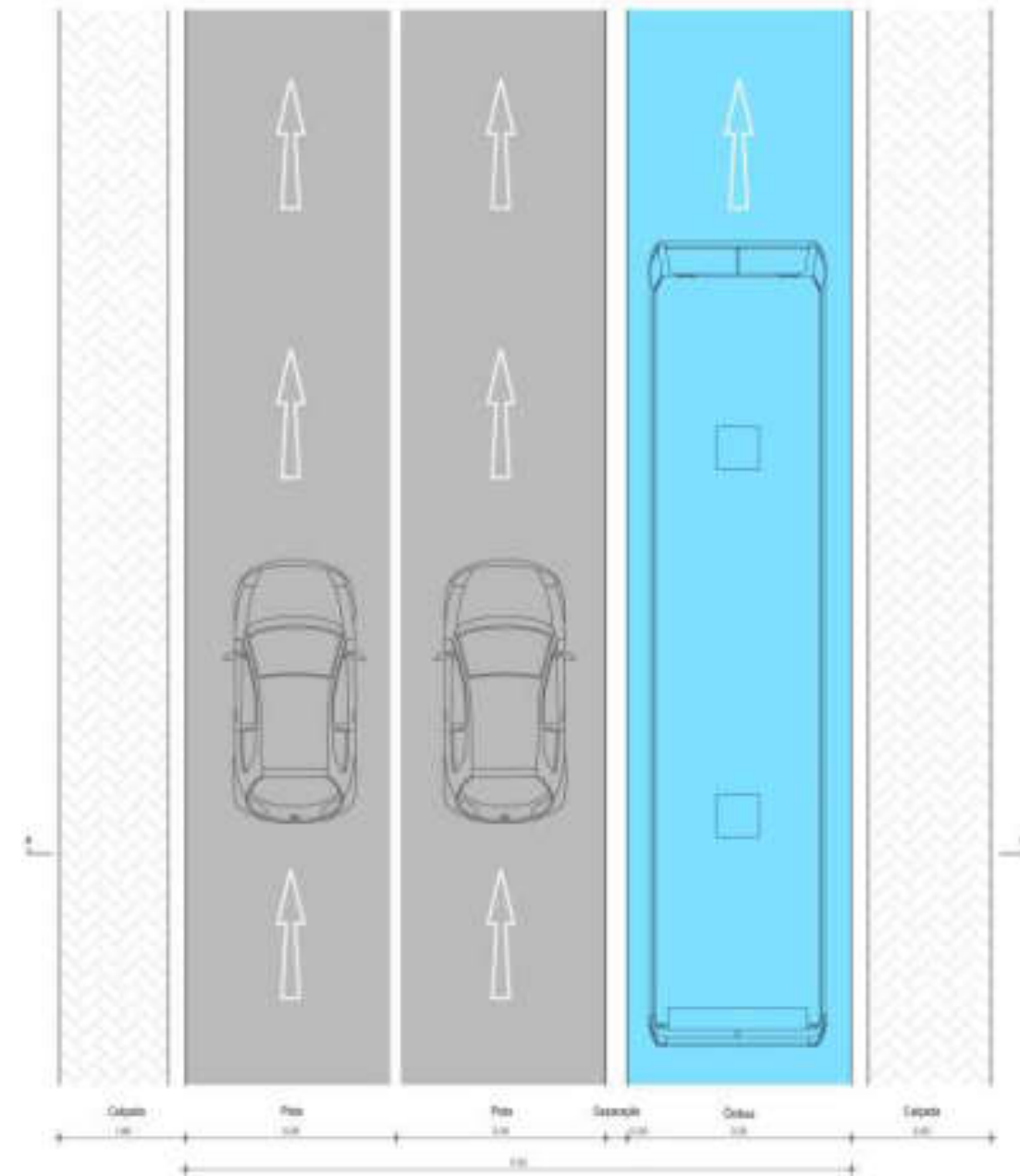
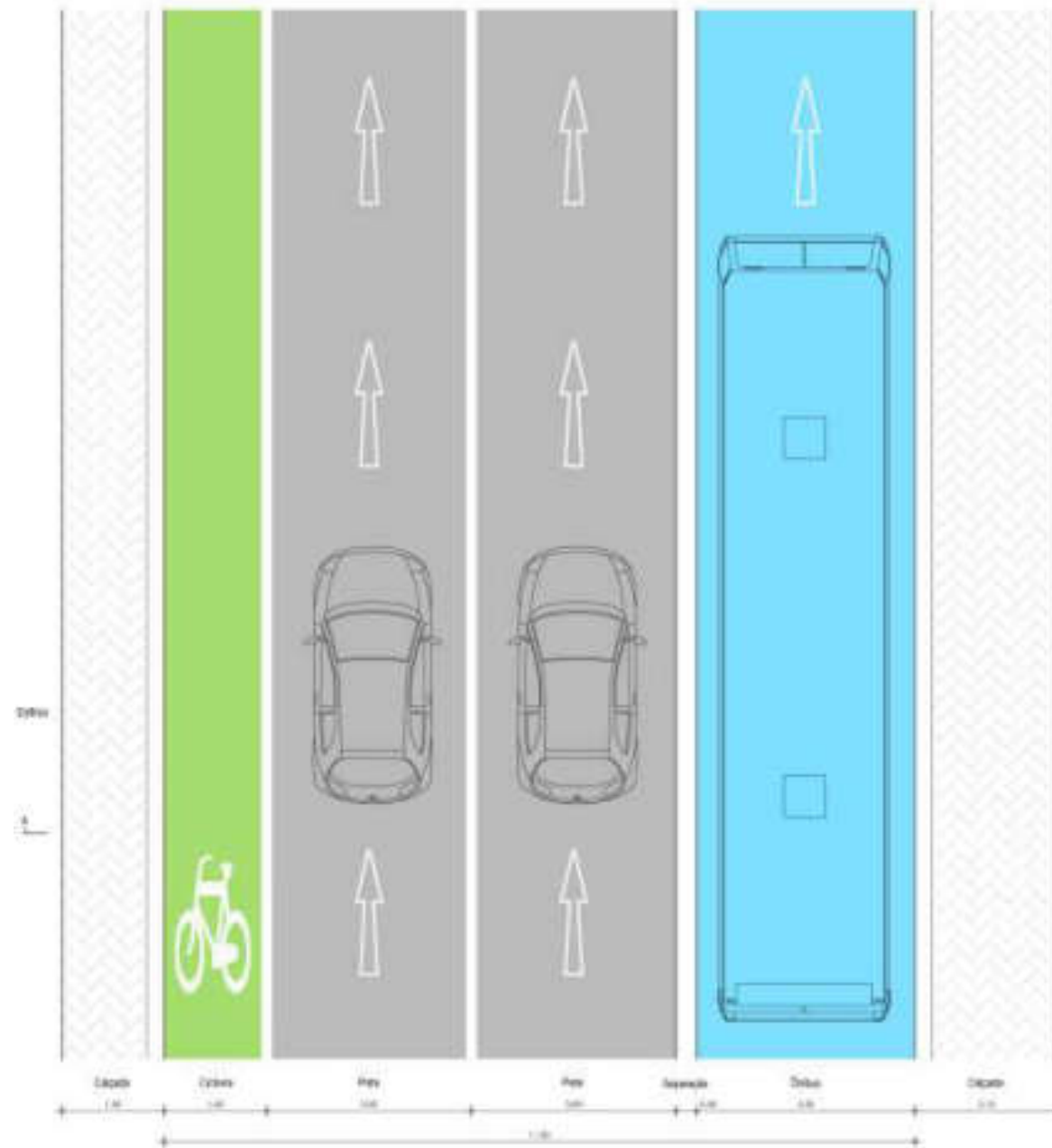
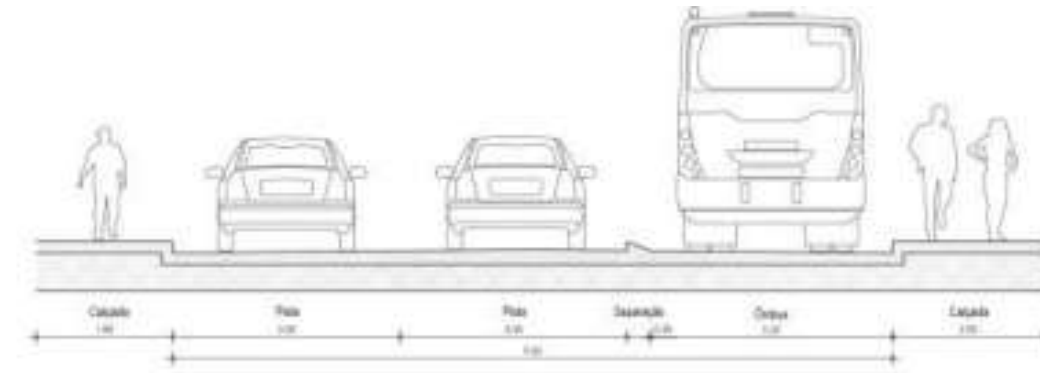
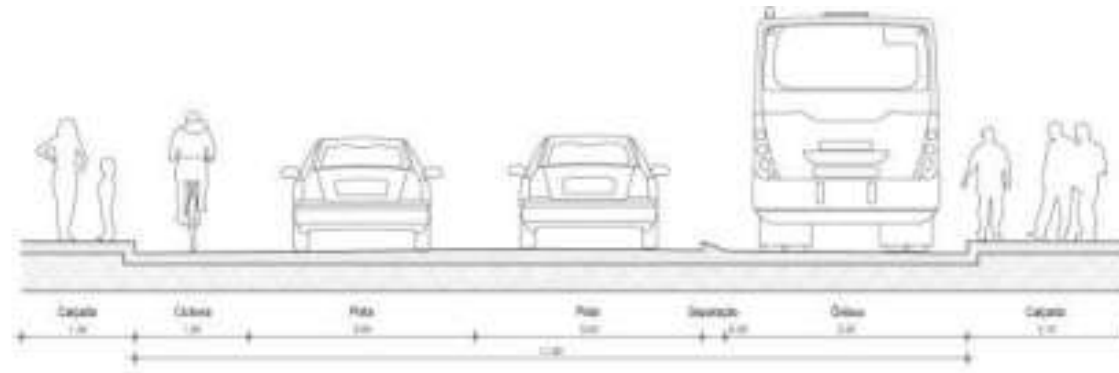
- Estação
- Ampliação de via proposta  
— Ampliação de via prevista no planejamento
- Nova via proposta  
— Nova via prevista no planejamento

Av. Valdomiro Bernardes

Cliente 	Consultor 	Mapa Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)	Escala (DinA3) 1:3000	Número Mapa 73 / 84	Data 25/10/19
--	---	---	--------------------------	------------------------	------------------

Av. Alfredo Brunetti

Av. Valdomiro Bernardes



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

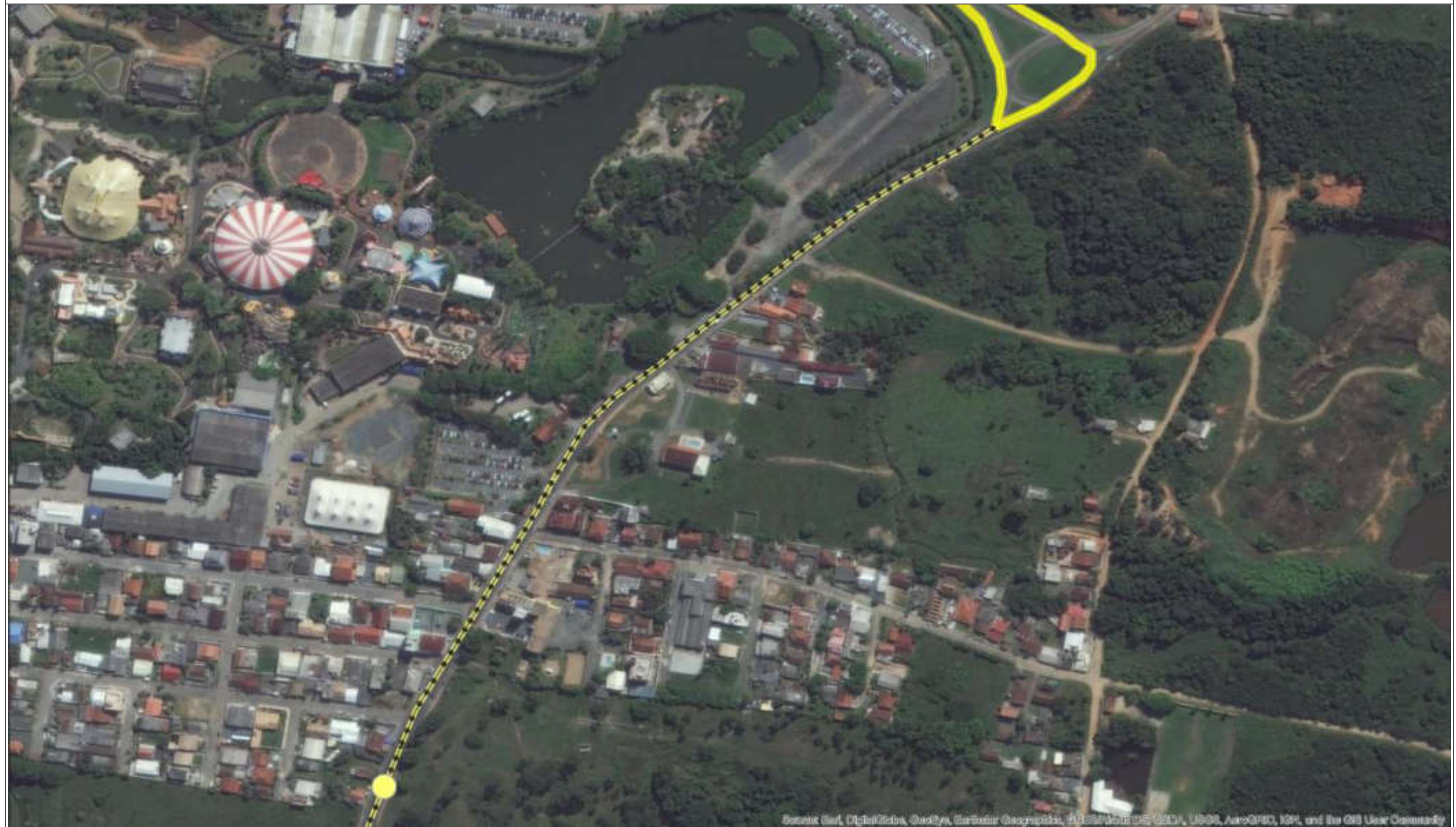
Número Mapa

73 / 84

Data

25/10/19

Penha



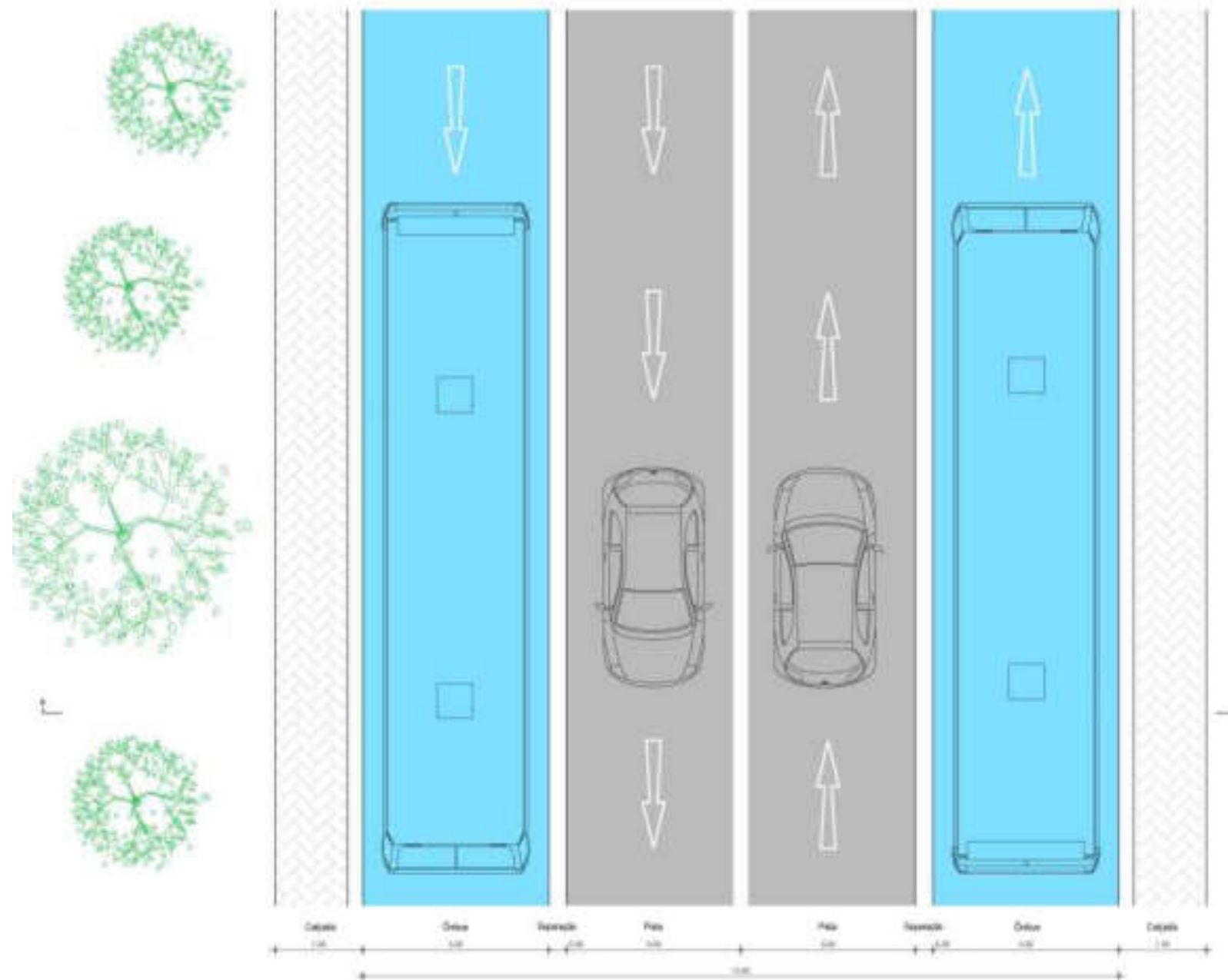
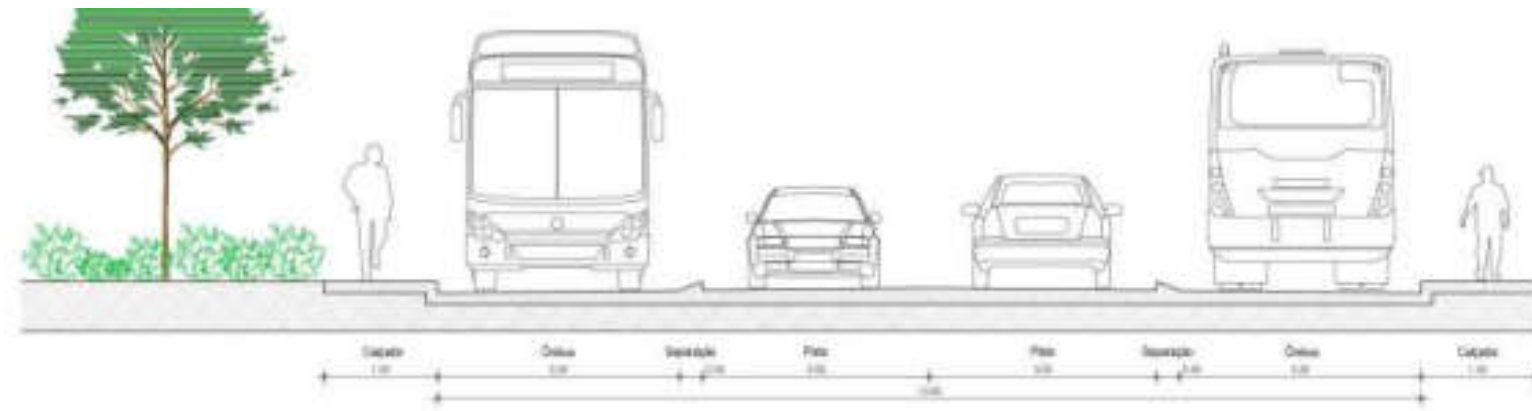
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Legenda	
Estação	Ampliação de via proposta Ampliação de via prevista no planejamento Nova via proposta Nova via prevista no planejamento

Cliente 	Consultor 	Mapa Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)	Escala (DinA3) 1:3000	Número Mapa 74 / 84	Data 25/10/19
-------------	---------------	---	--------------------------	------------------------	------------------



R.Inácio Francisco de Souza



<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:100</p>	<p>Número Mapa</p> <p>74 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------



Penha



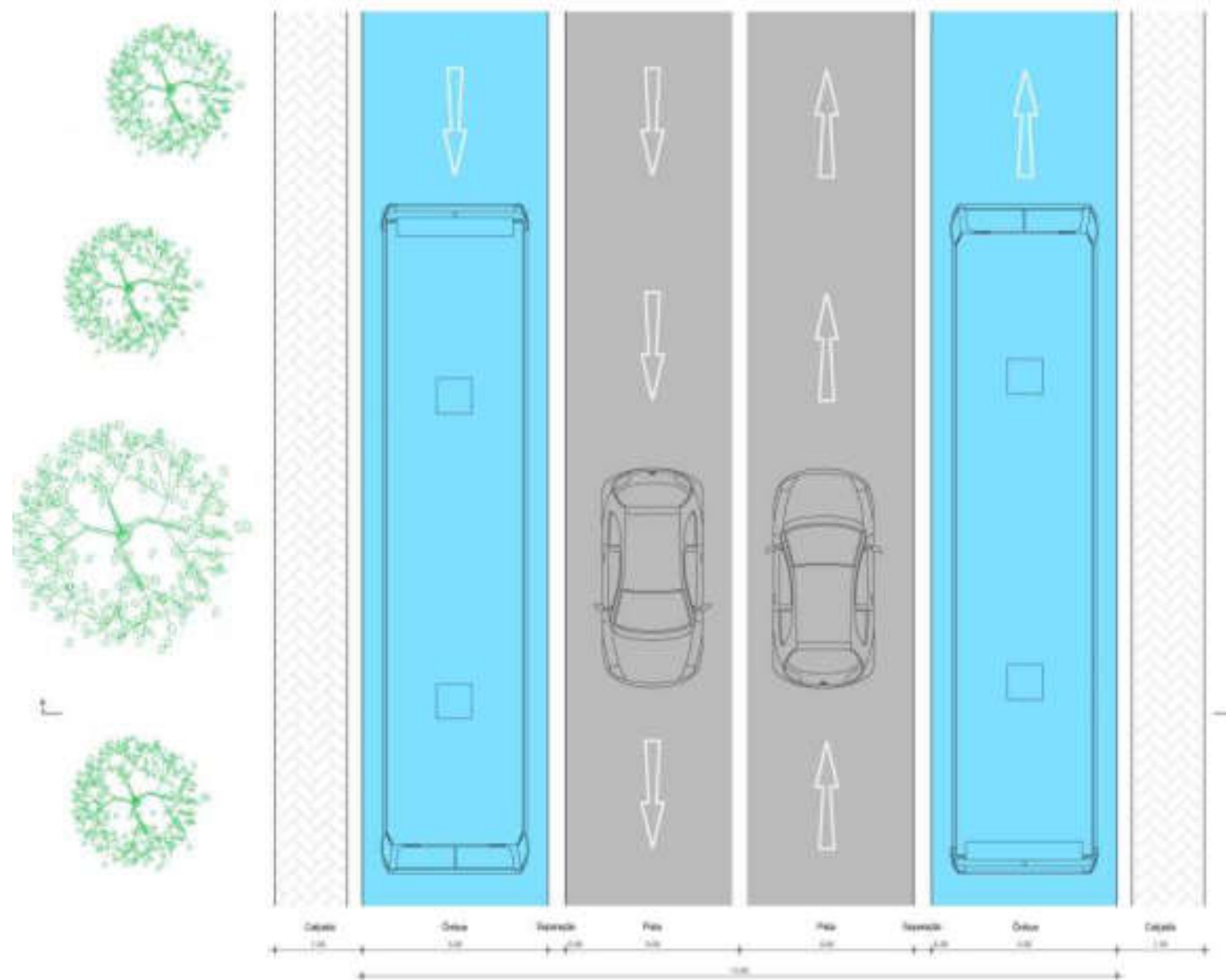
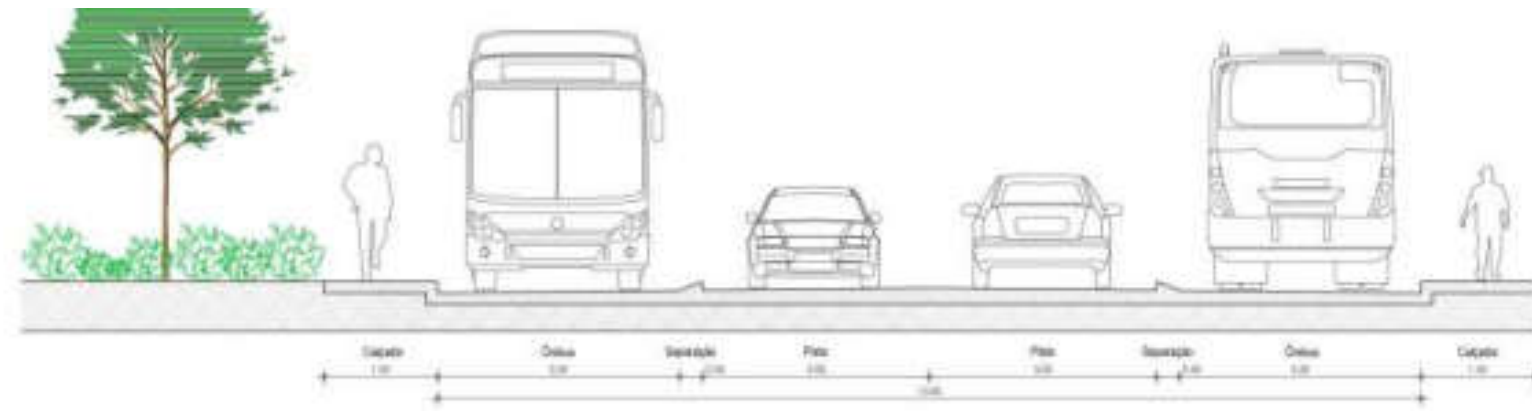
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Legenda

- Estação
- - - - - Amplação de via proposta
- - - - - Nova via proposta
- - - - - Amplação de via prevista no planejamento
- - - - - Nova via prevista no planejamento

<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>75 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

R.Inácio Francisco de Souza



<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:100</p>	<p>Número Mapa</p> <p>75 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------



Penha



Legenda

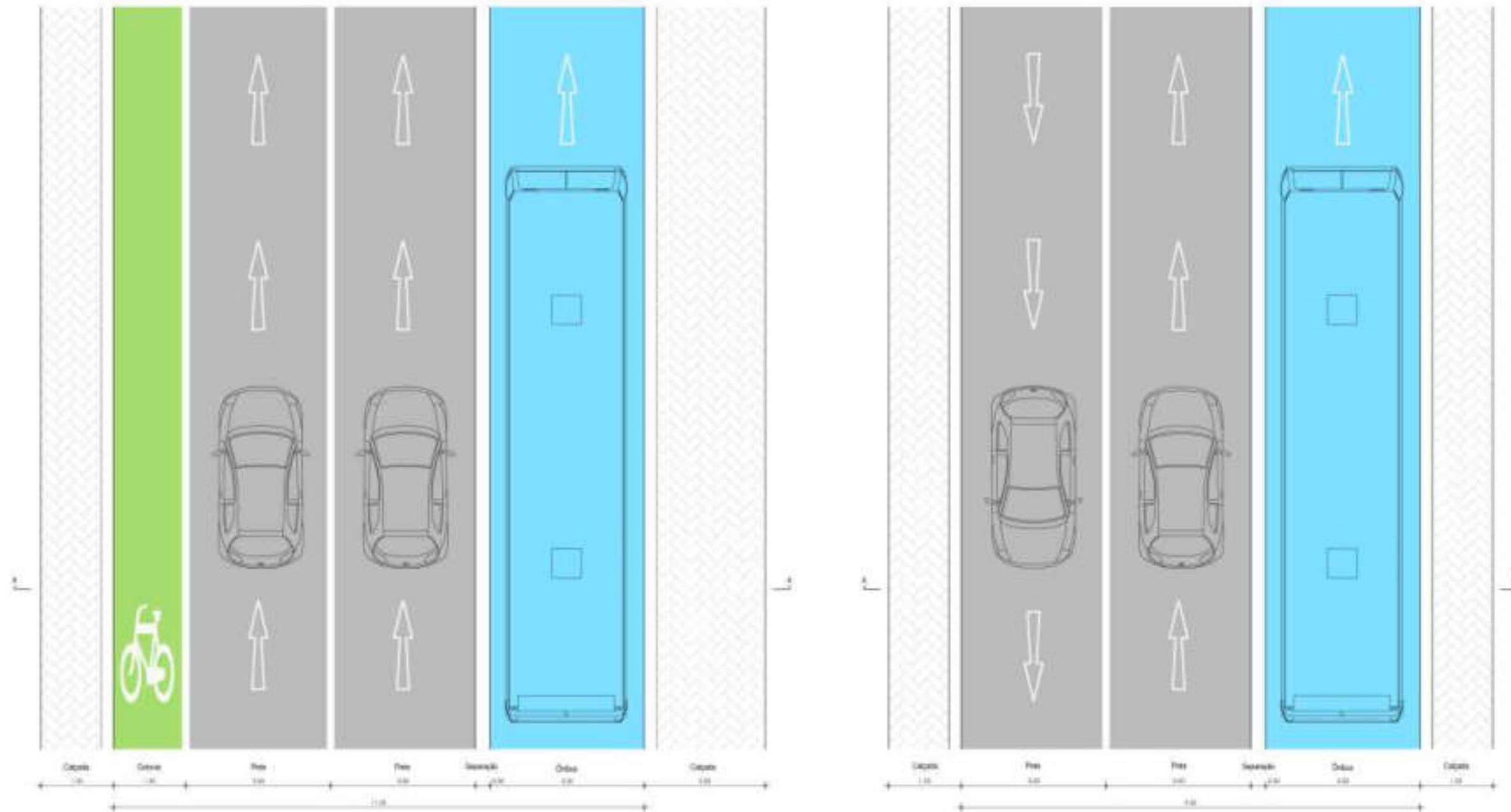
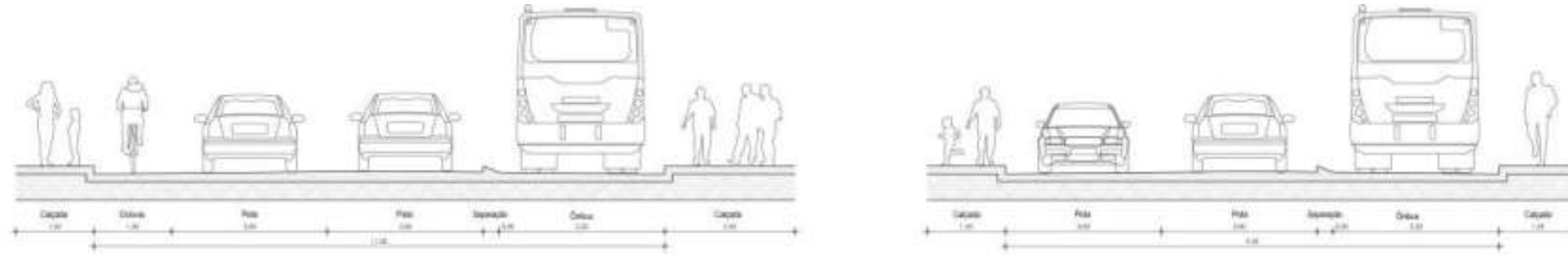
- Estação
- Ampliação de via proposta
- Nova via proposta
- Ampliação de via prevista no planejamento
- Nova via prevista no planejamento

R.São Miguel // R.Timóteo Prefeito Flores

<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>76 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

Nova via proposta

R.São Miguel // R.Timóteo Prefeito Flores



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

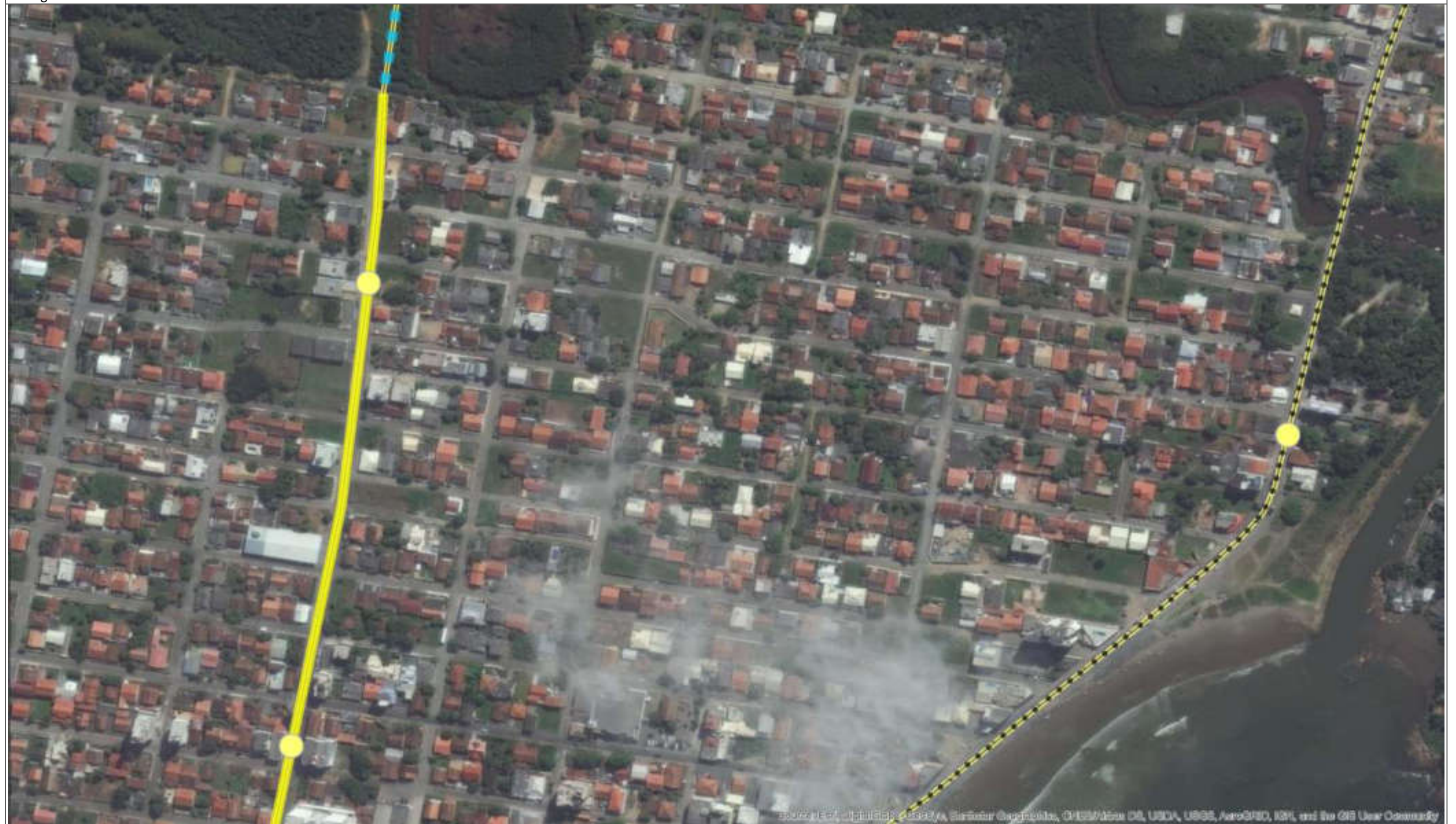
Número Mapa

76 / 84

Data

25/10/19



Navegantes



Legenda

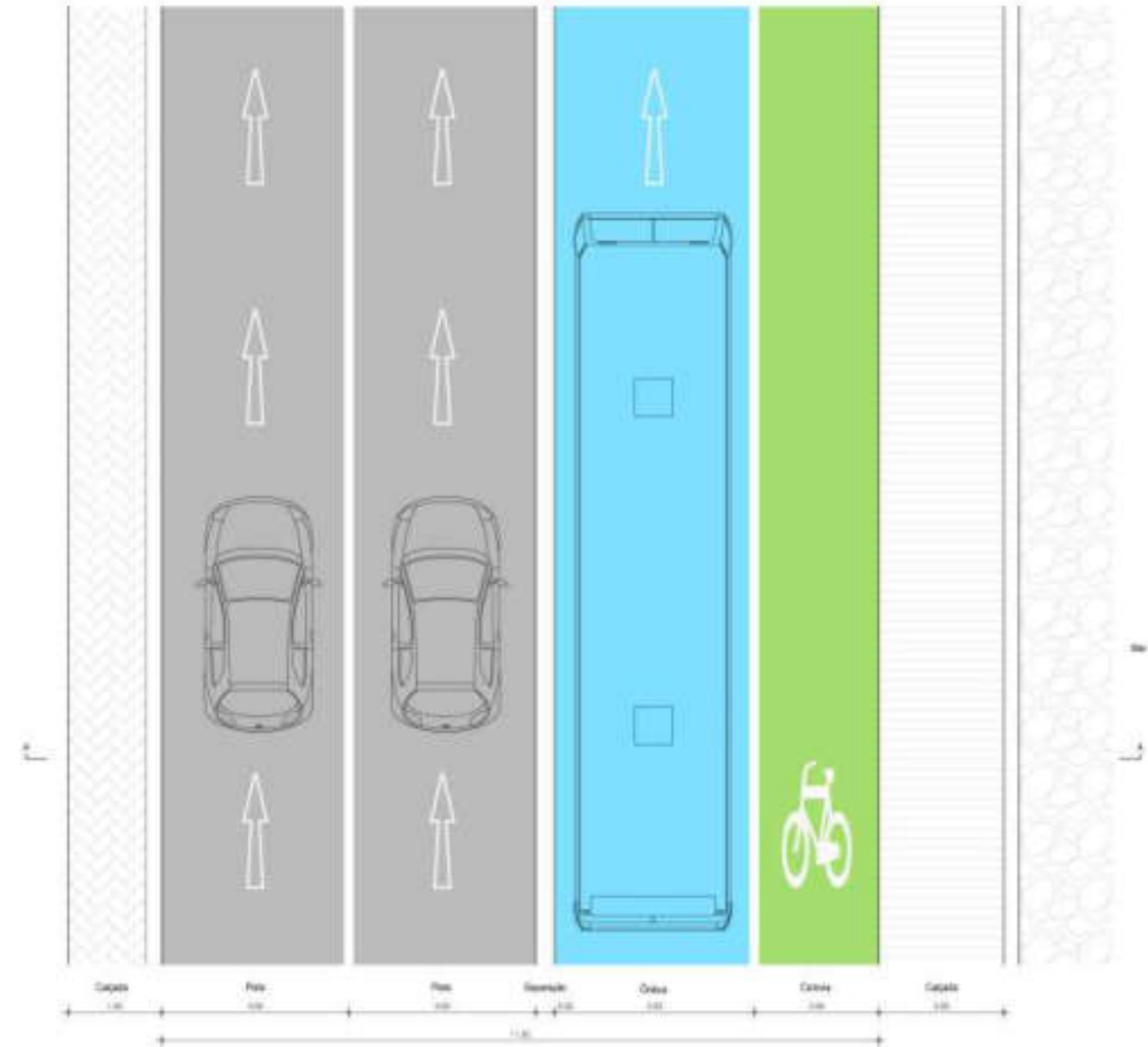
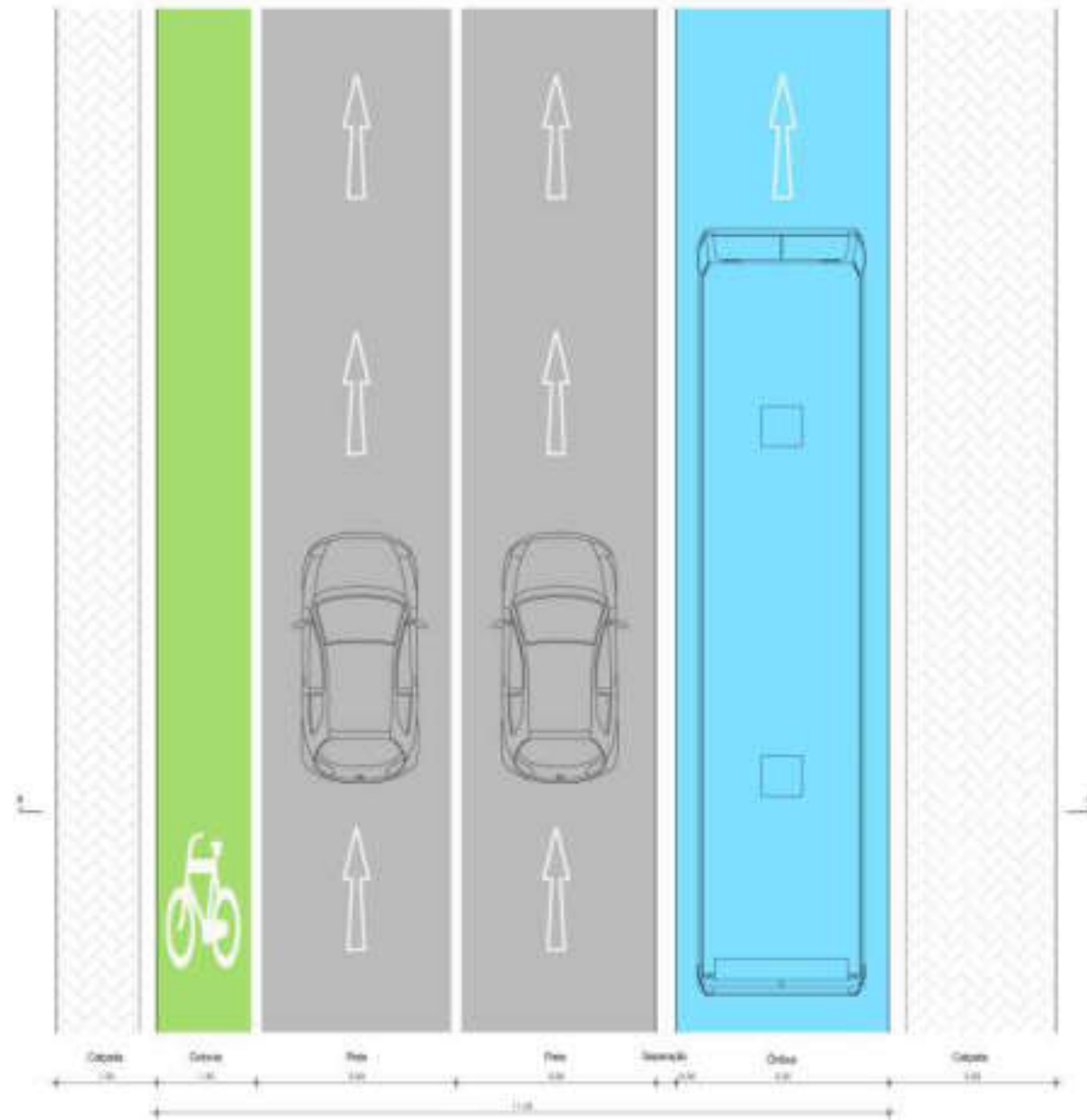
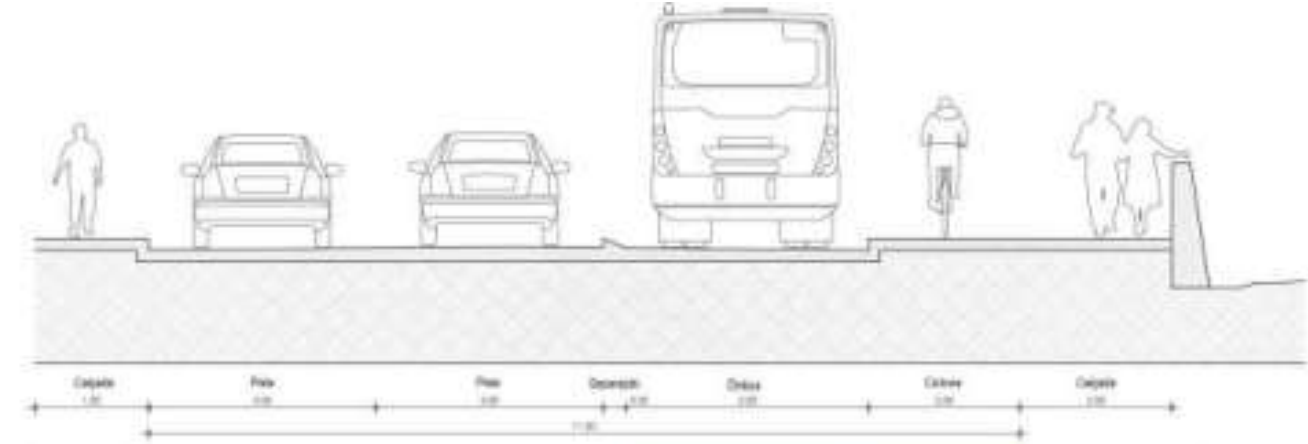
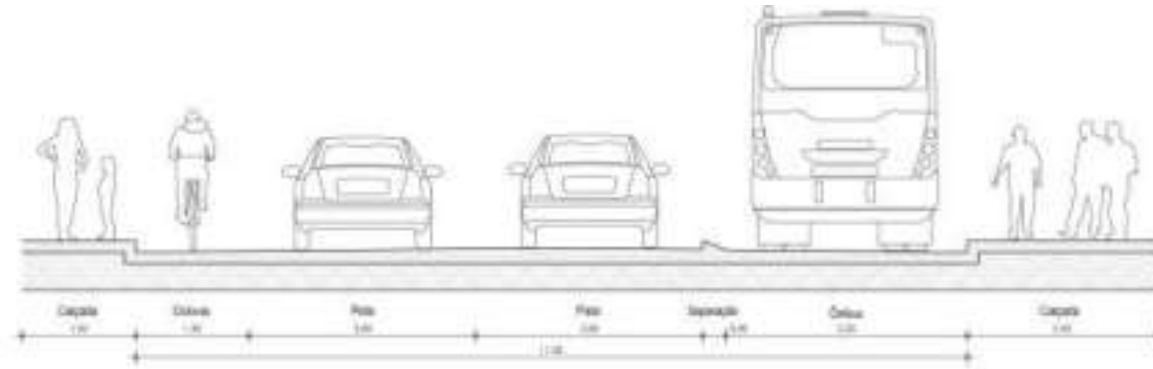
- Estação
- Ampliação de via proposta
- Nova via proposta
- Ampliação de via prevista no planejamento
- Nova via prevista no planejamento

Av.Pref. Cirino Adolfo Cabral

<p>Cliente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>77 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
--	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

Av.Pref. José Juvenal Mafra

Av.Pref. Cirino Adolfo Cabral



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

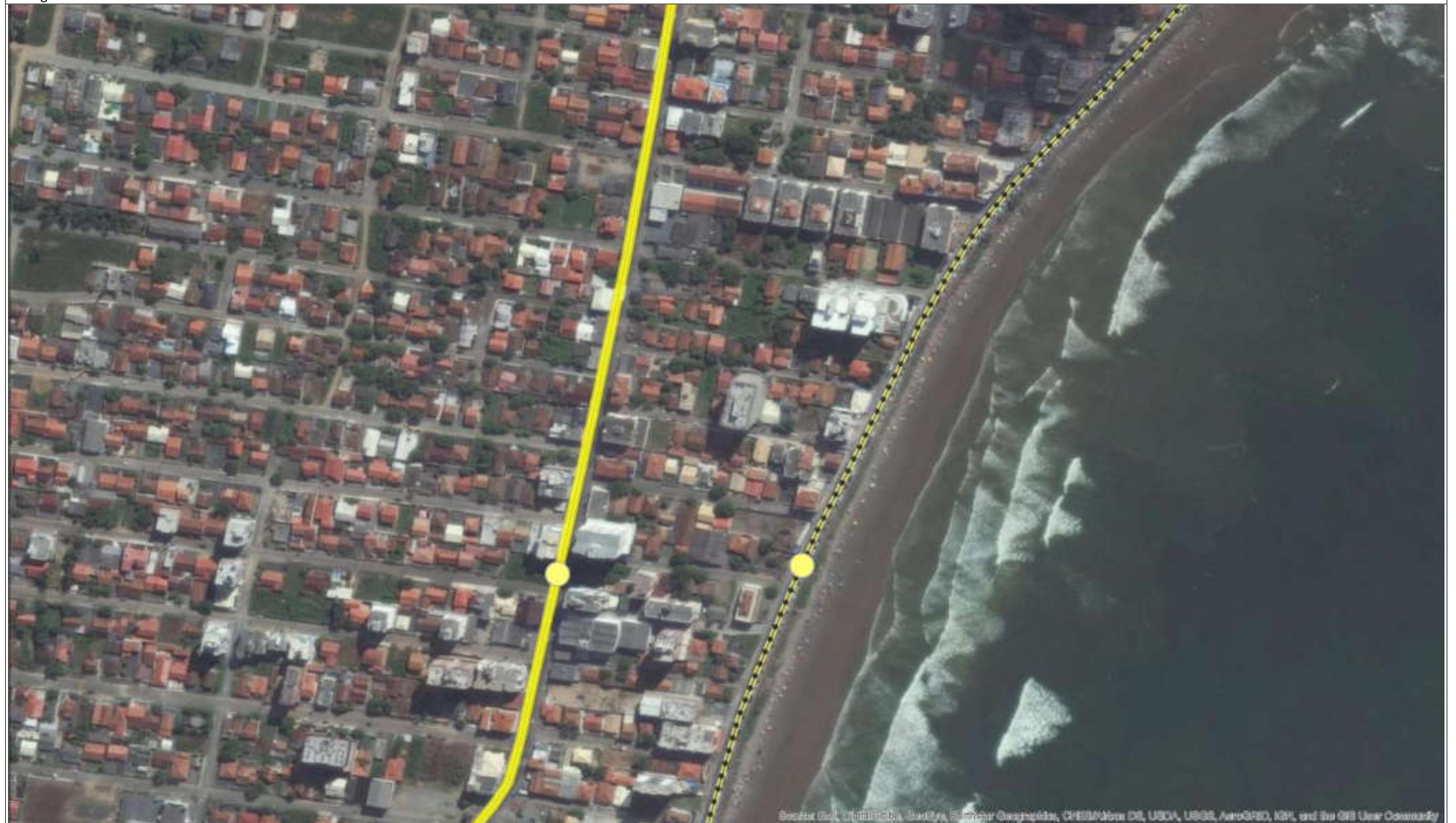
Número Mapa

77 / 84






Data



25/10/19

Navegantes



Source: Google Earth, GeoEye, IGN, AerGRID, KRI, and the GIS User Community

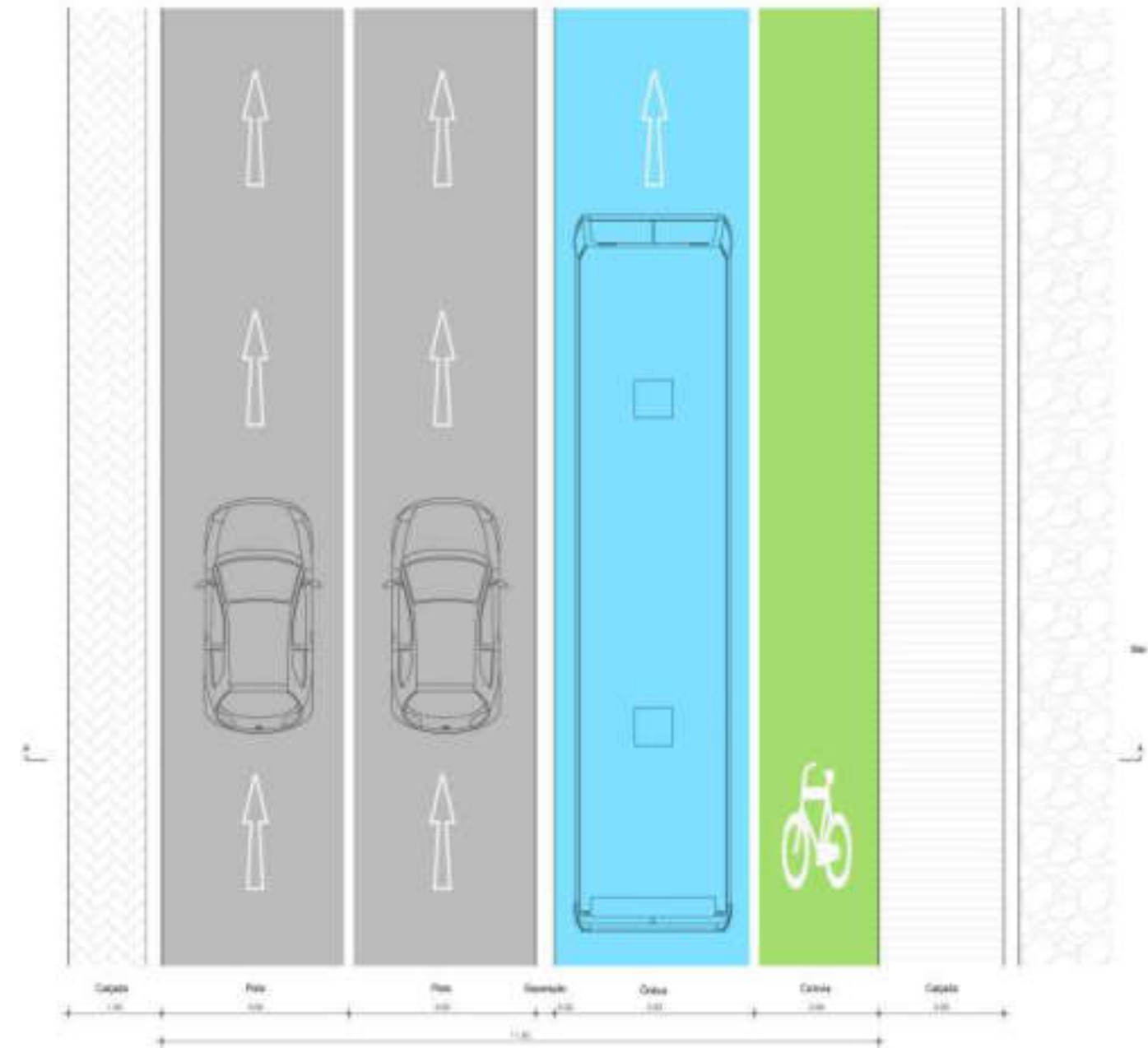
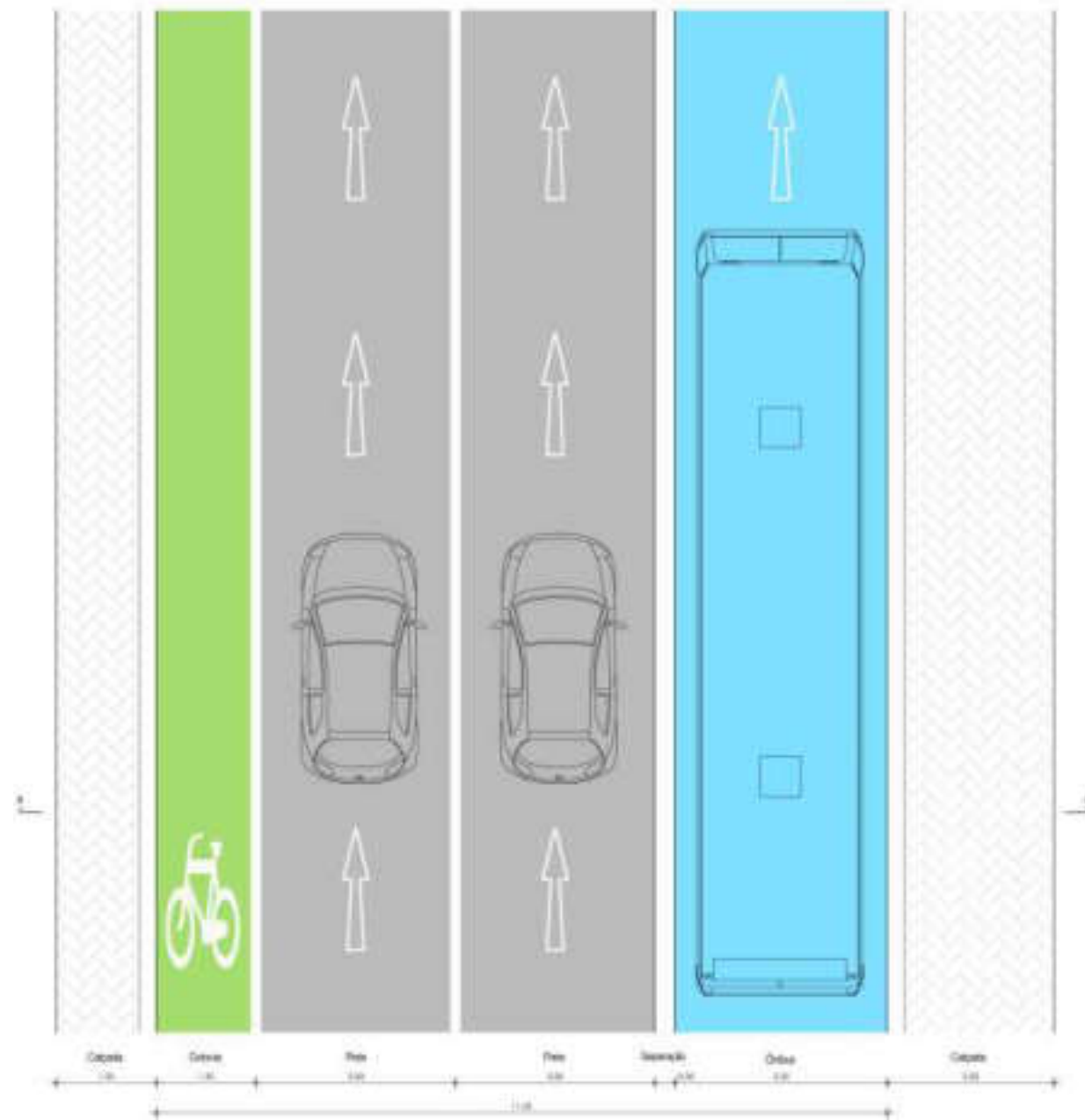
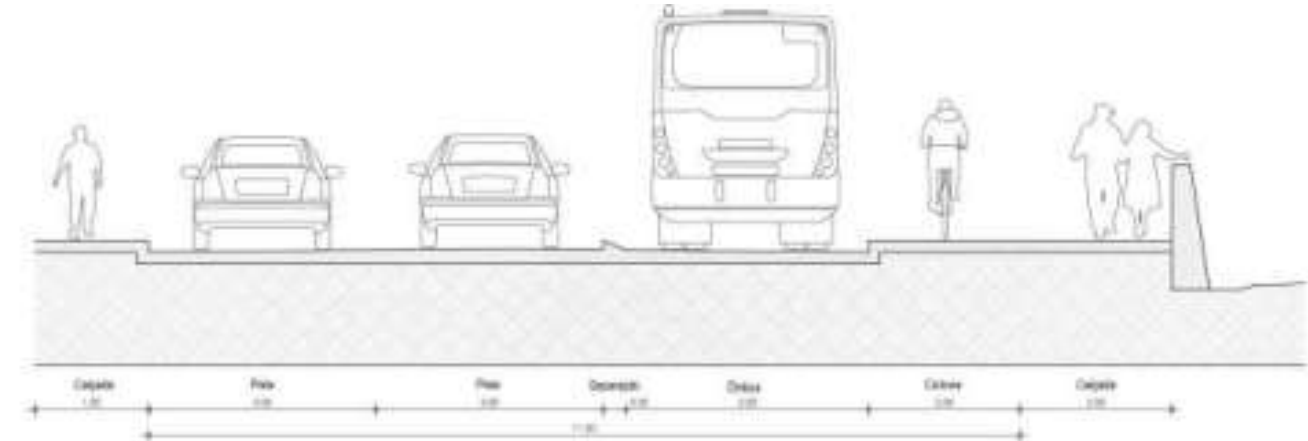
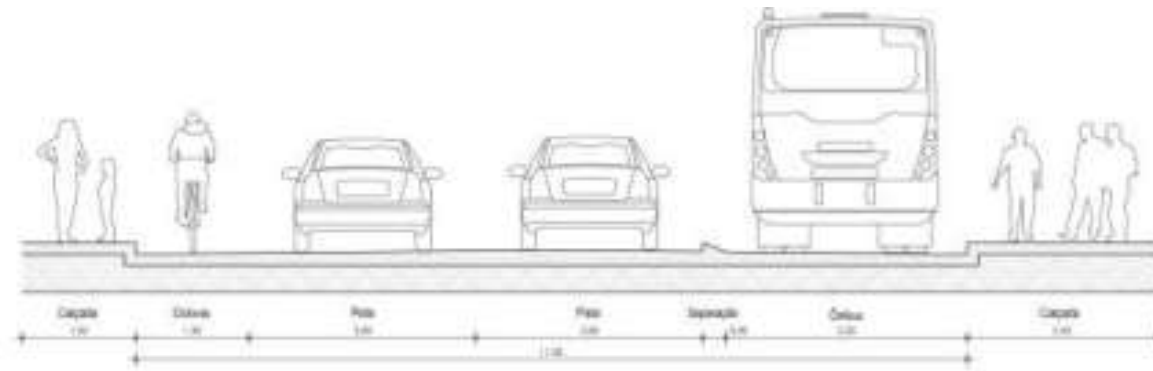
Legenda		Av.Pref. Cirino Adolfo Cabral			
	Estação		Amplicação de via proposta		Nova via proposta
			Amplicação de via prevista no planejamento		Nova via prevista no planejamento

Cliente 	Consultor 	Mapa Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)	Escala (DinA3) 1:3000	Número Mapa 78 / 84	Data 25/10/19
--	---	---	--------------------------	------------------------	------------------



Av. Pref. José Juvenal Mafra

Av. Pref. Cirino Adolfo Cabral



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

Número Mapa

78 / 84

Data

25/10/19



Navegantes



Legenda

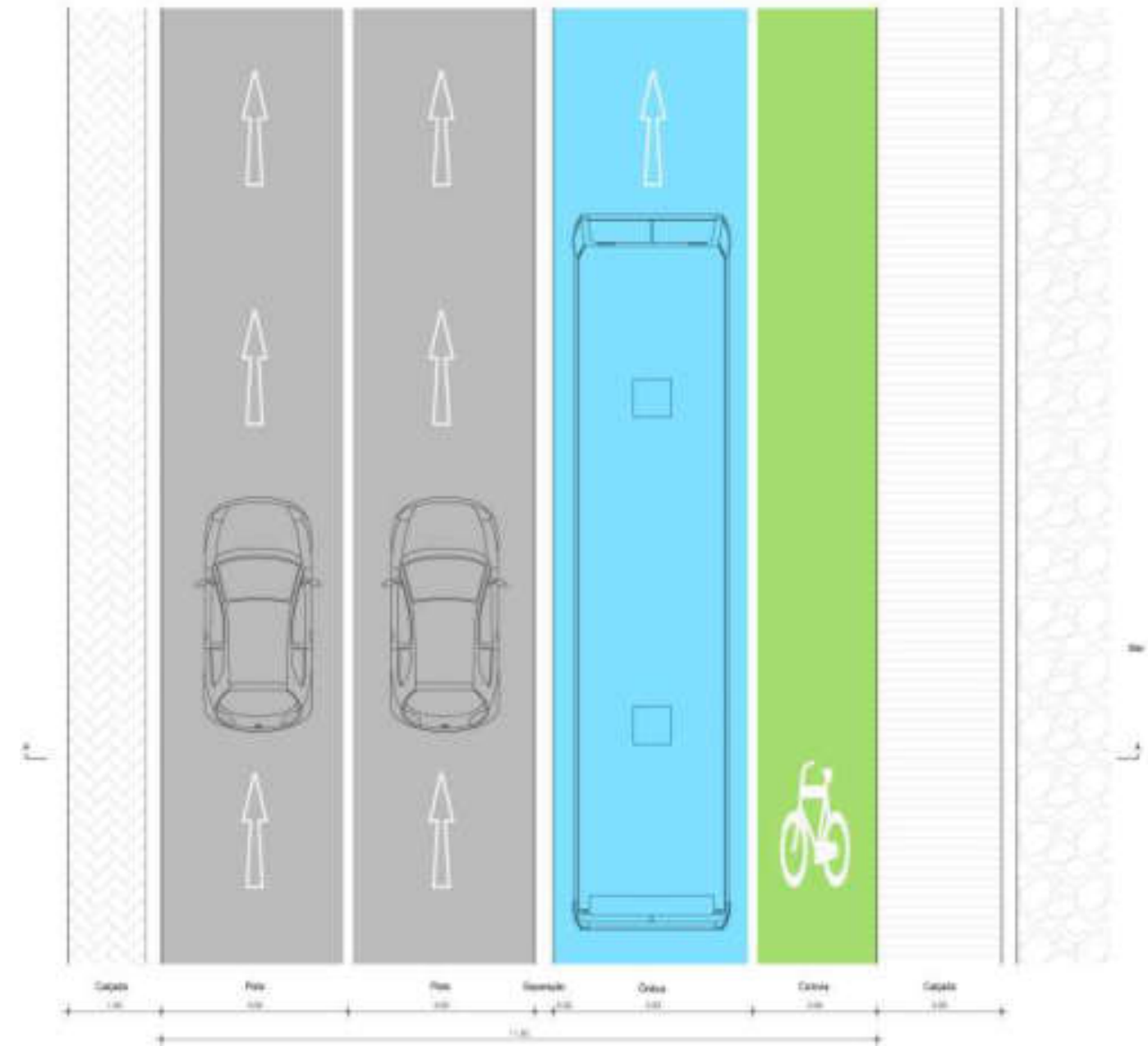
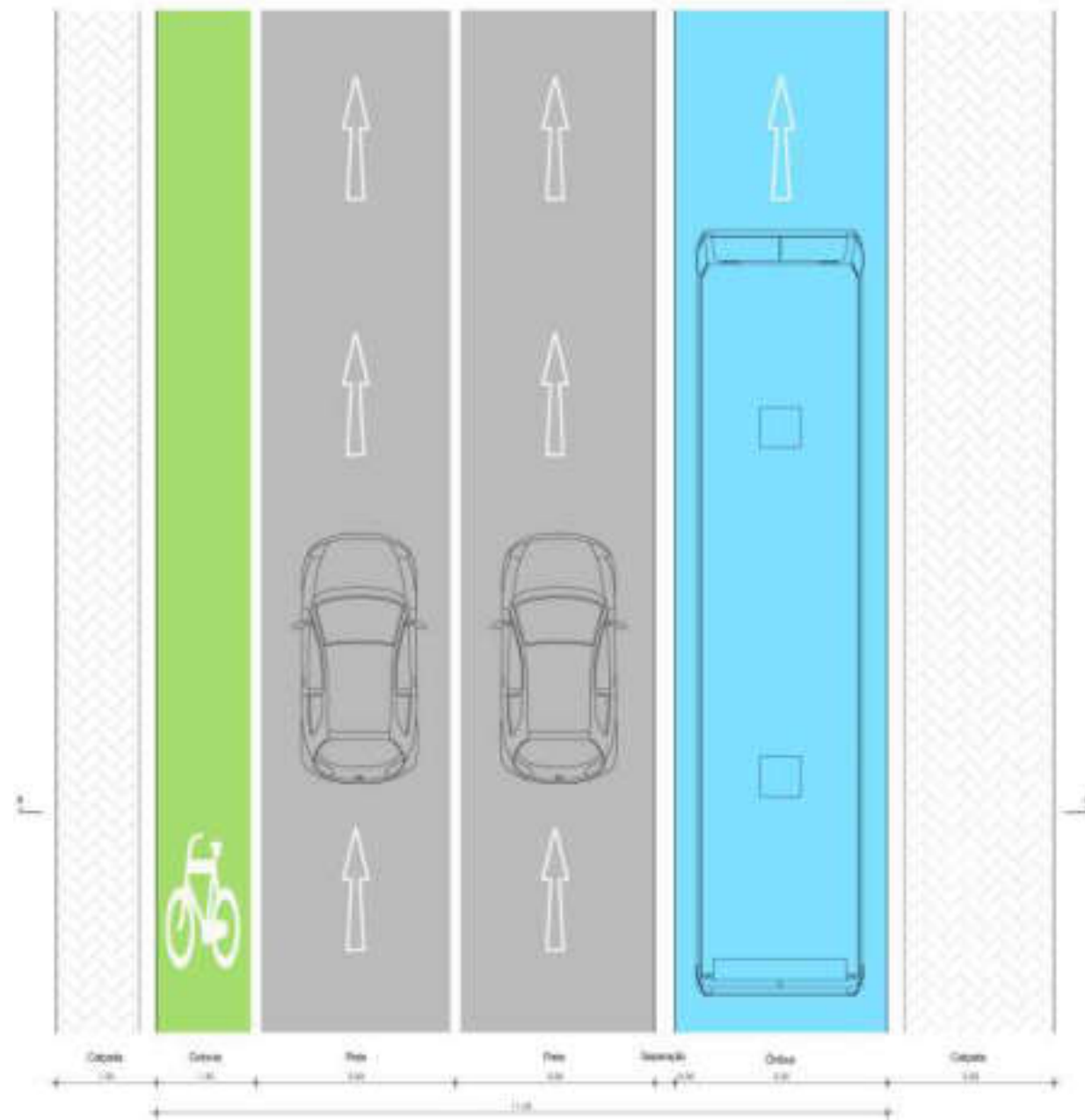
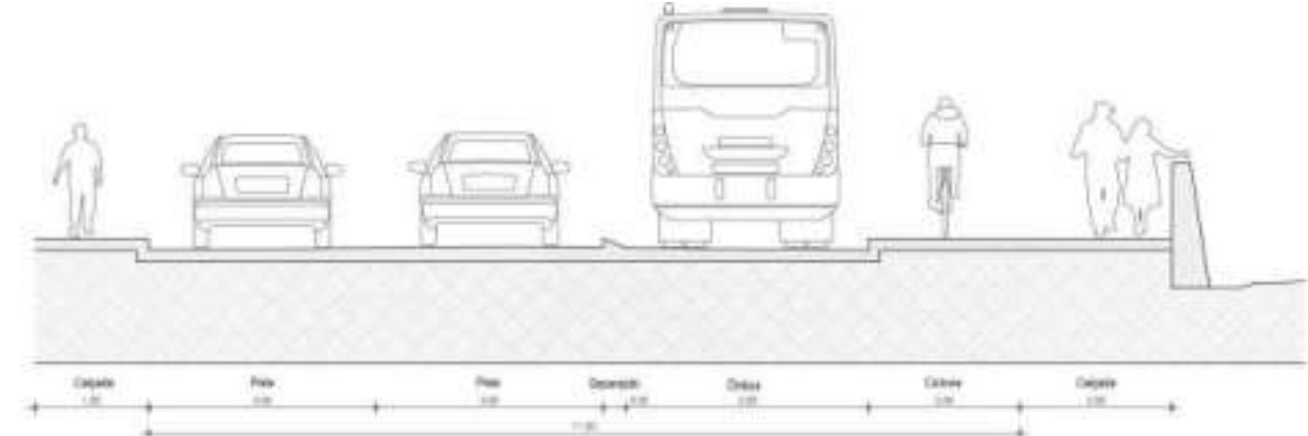
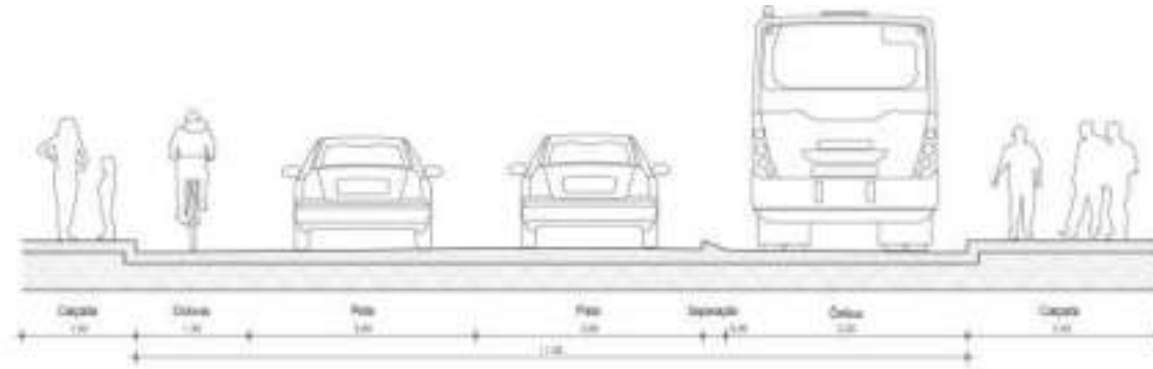
- Estação
- Ampliação de via proposta
- Nova via proposta
- Ampliação de via prevista no planejamento
- Nova via prevista no planejamento

Av.Pref. Cirino Adolfo Cabral

<p>Cliente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>79 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
--	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

Av. Pref. José Juvenal Mafra

Av. Pref. Cirino Adolfo Cabral



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

Número Mapa

79 / 84

Data

25/10/19

Navegantes



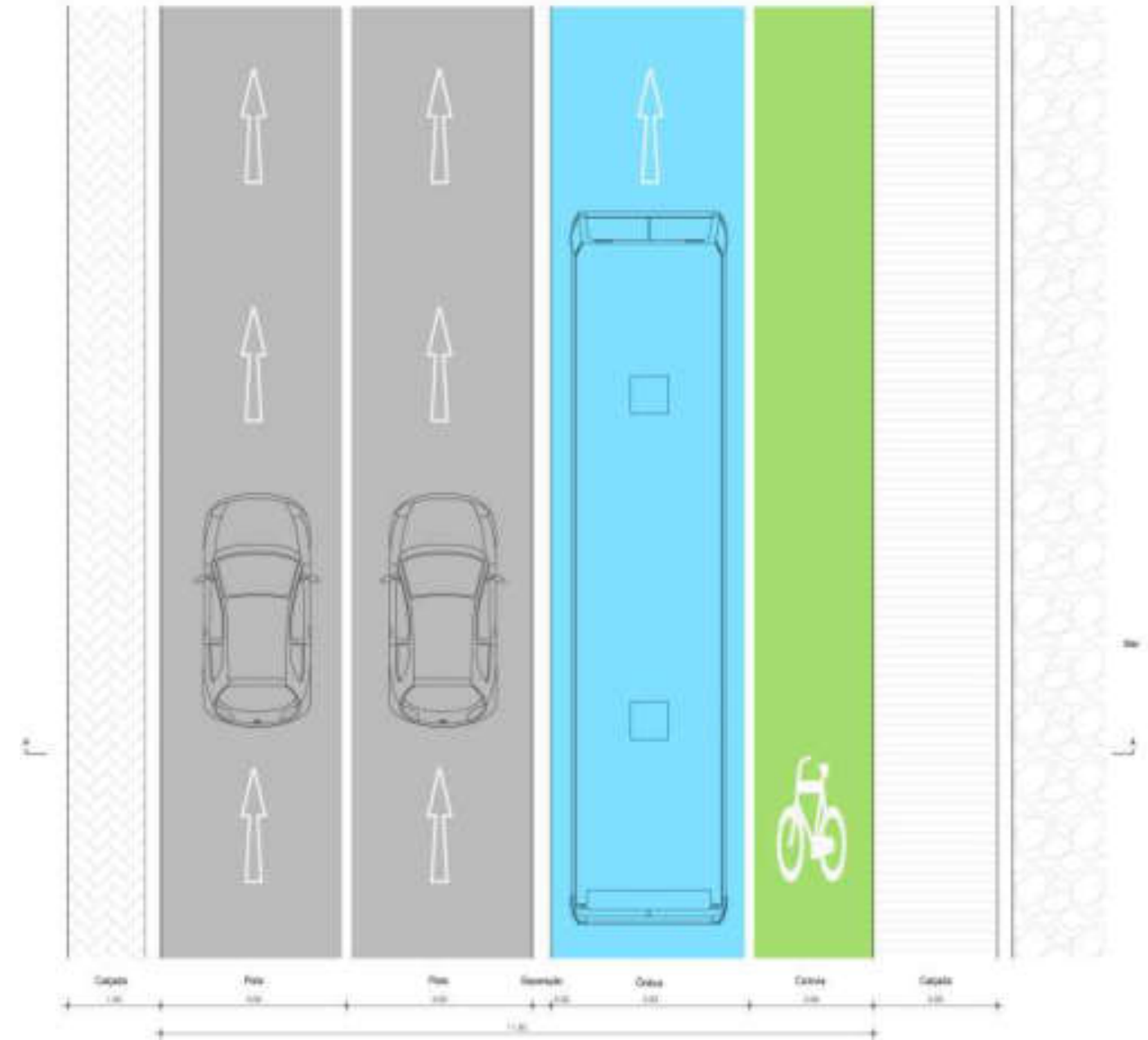
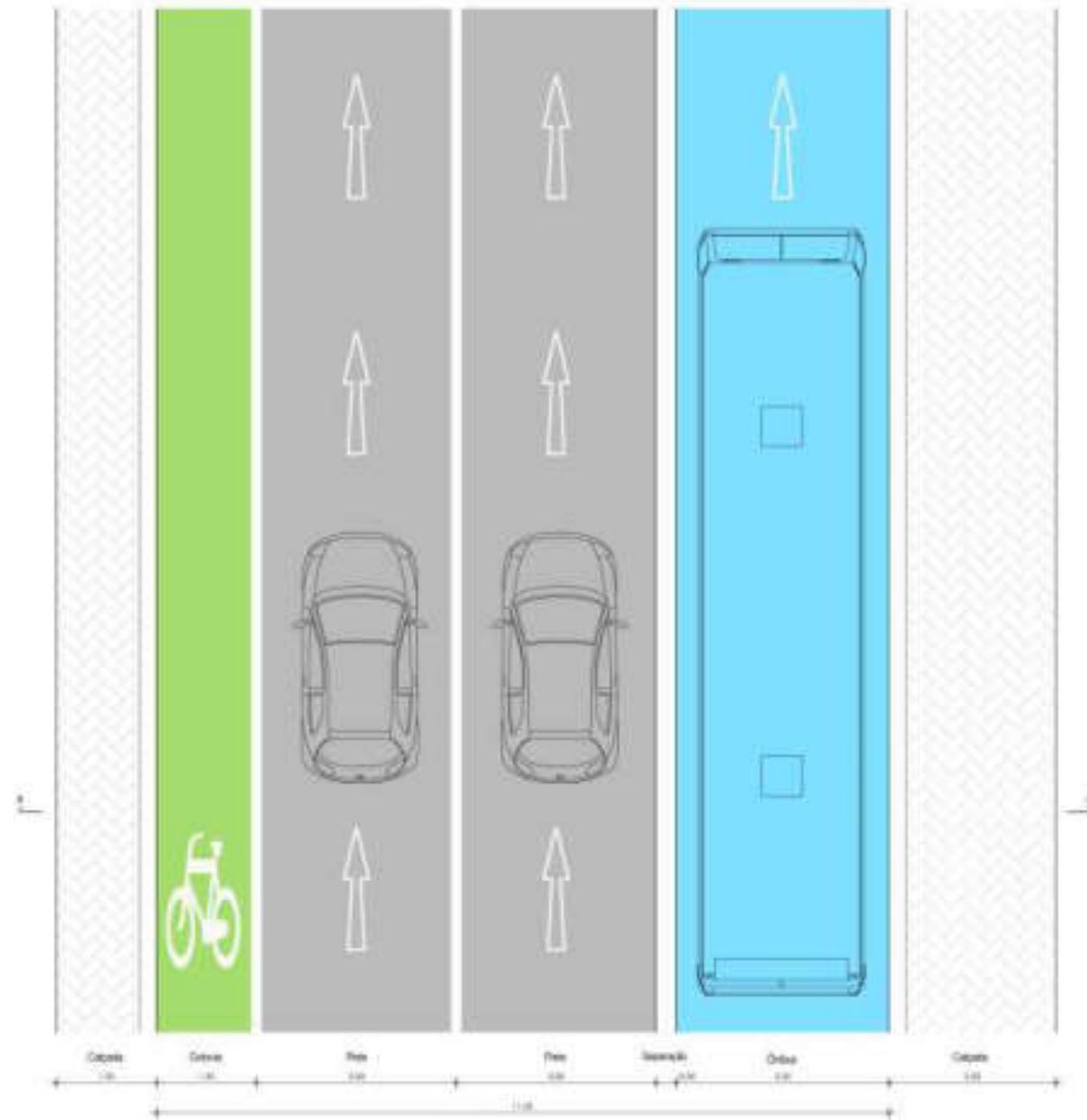
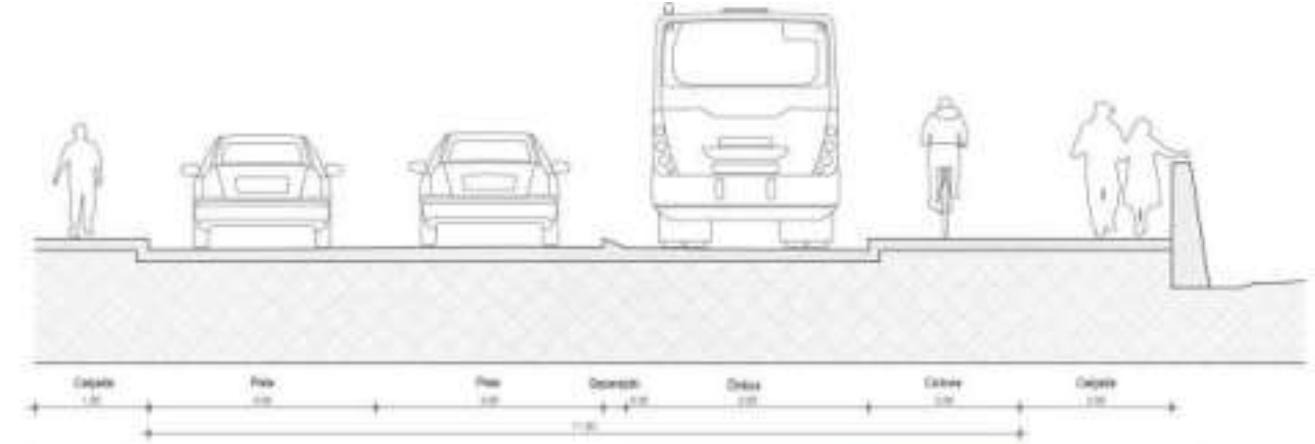
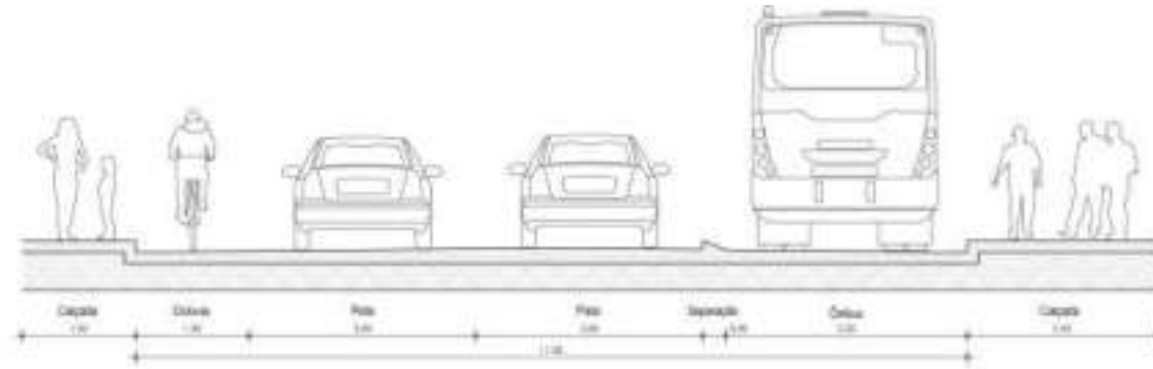
Legenda Av.Pref. Cirino Adolfo Cabral

Estação	Ampliação de via proposta	Nova via proposta
	Ampliação de via prevista no planejamento	Nova via prevista no planejamento

Cliente 	Consultor 	Mapa Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)	Escala (DinA3) 1:3000	Número Mapa 80 / 84	Data 25/10/19
-------------	---------------	---	--------------------------	------------------------	------------------

Av. Pref. José Juvenal Mafra

Av. Pref. Cirino Adolfo Cabral



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

Número Mapa

80 / 84

Data

25/10/19


Navegantes



Legenda

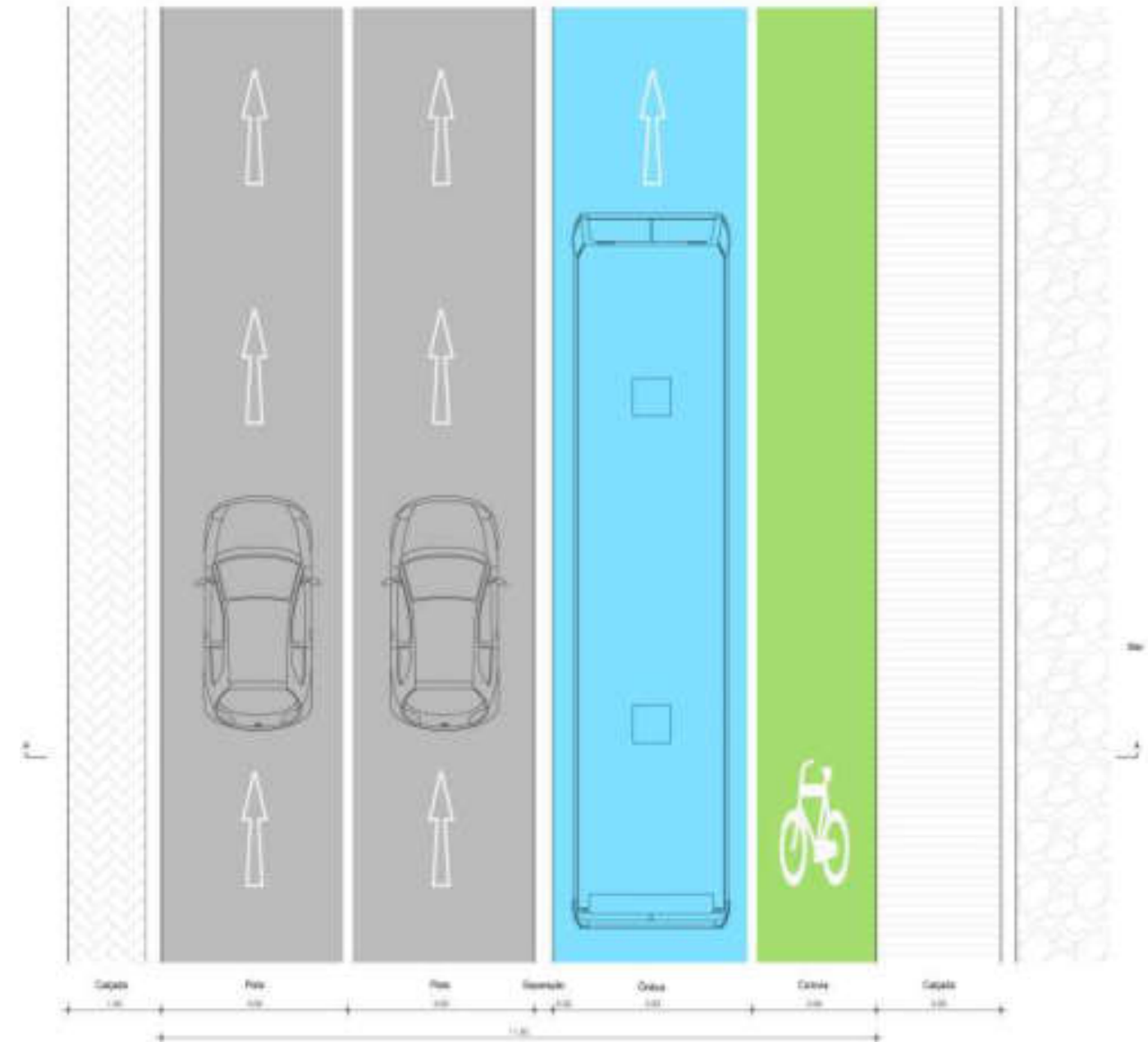
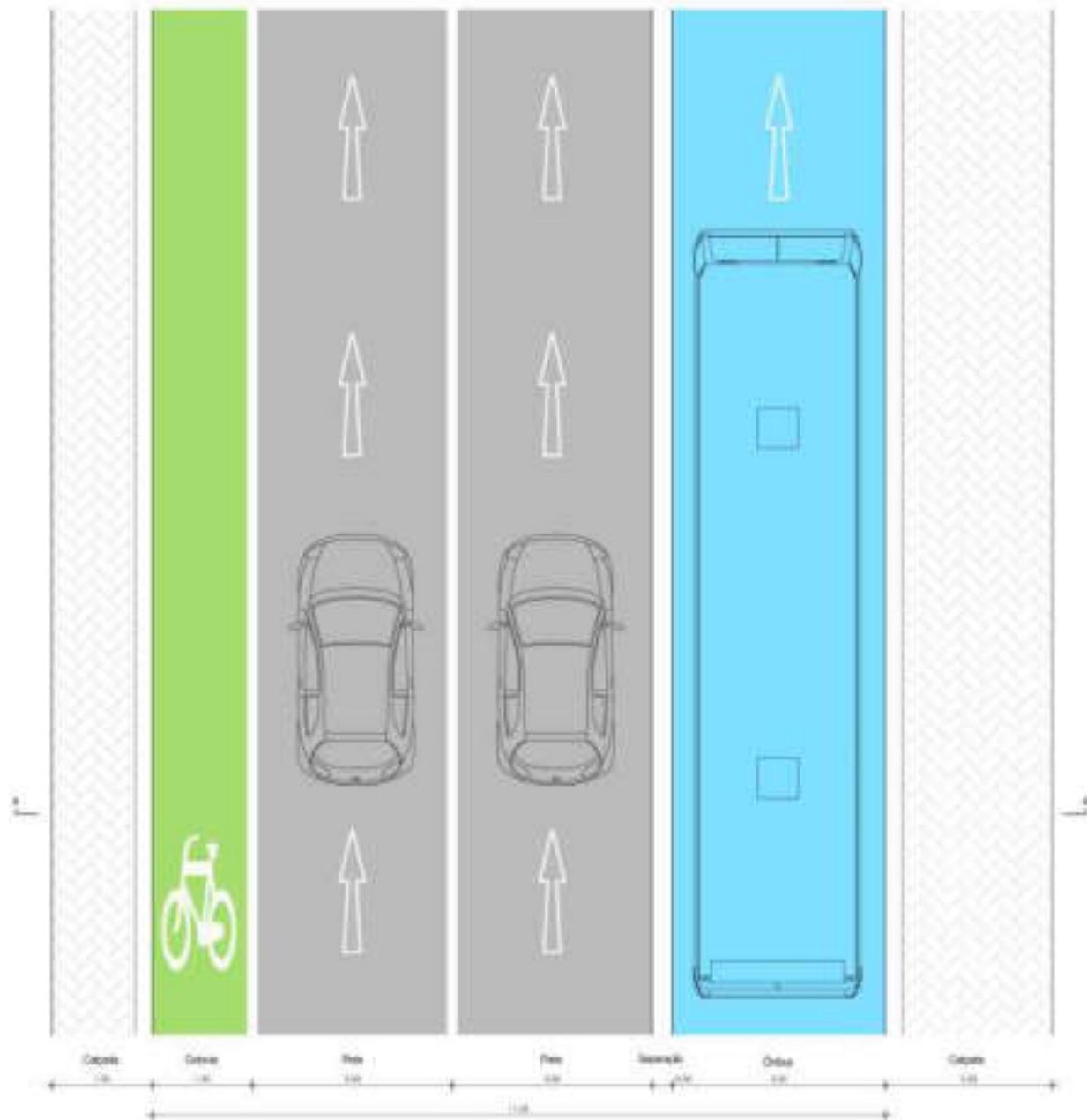
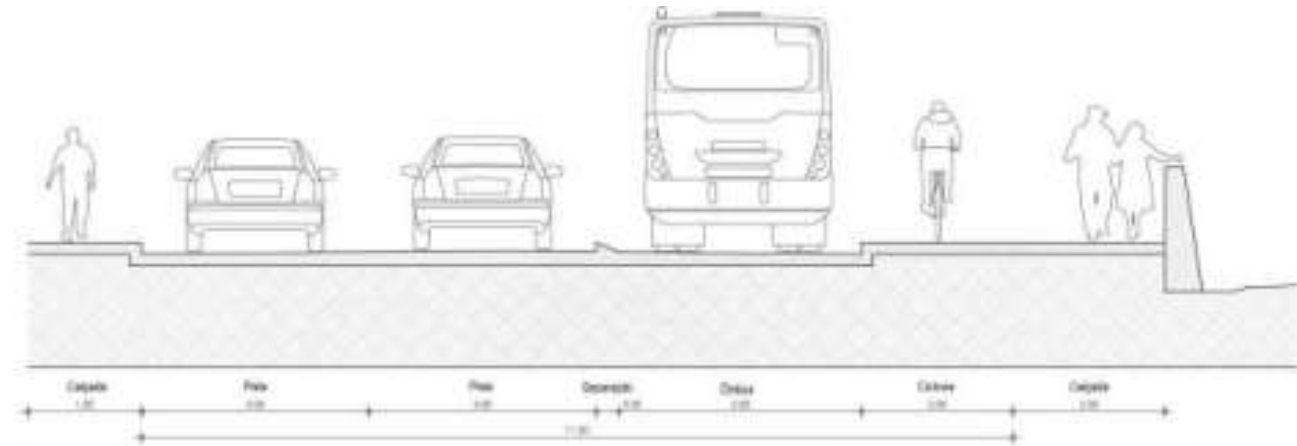
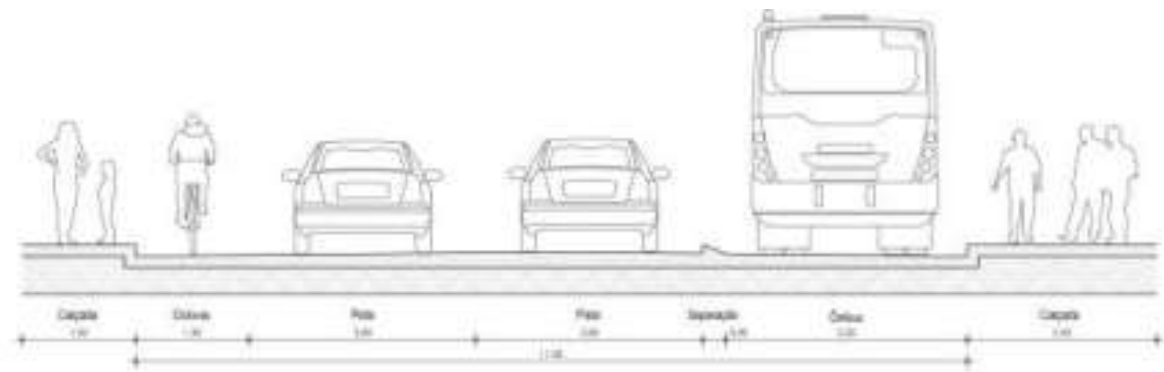
- Estação
- Ampliação de via proposta
- Ampliação de via prevista no planejamento
- Nova via prevista no planejamento

Av.Pref. Cirino Adolfo Cabral

<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>81 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

Av. Pref. José Juvenal Mafra

Av. Pref. Cirino Adolfo Cabral



<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:100</p>	<p>Número Mapa</p> <p>81 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

Navegantes



Legenda

● Estação

Ampliação de via proposta

Ampliação de via prevista no planejamento

Nova via proposta

Nova via prevista no planejamento

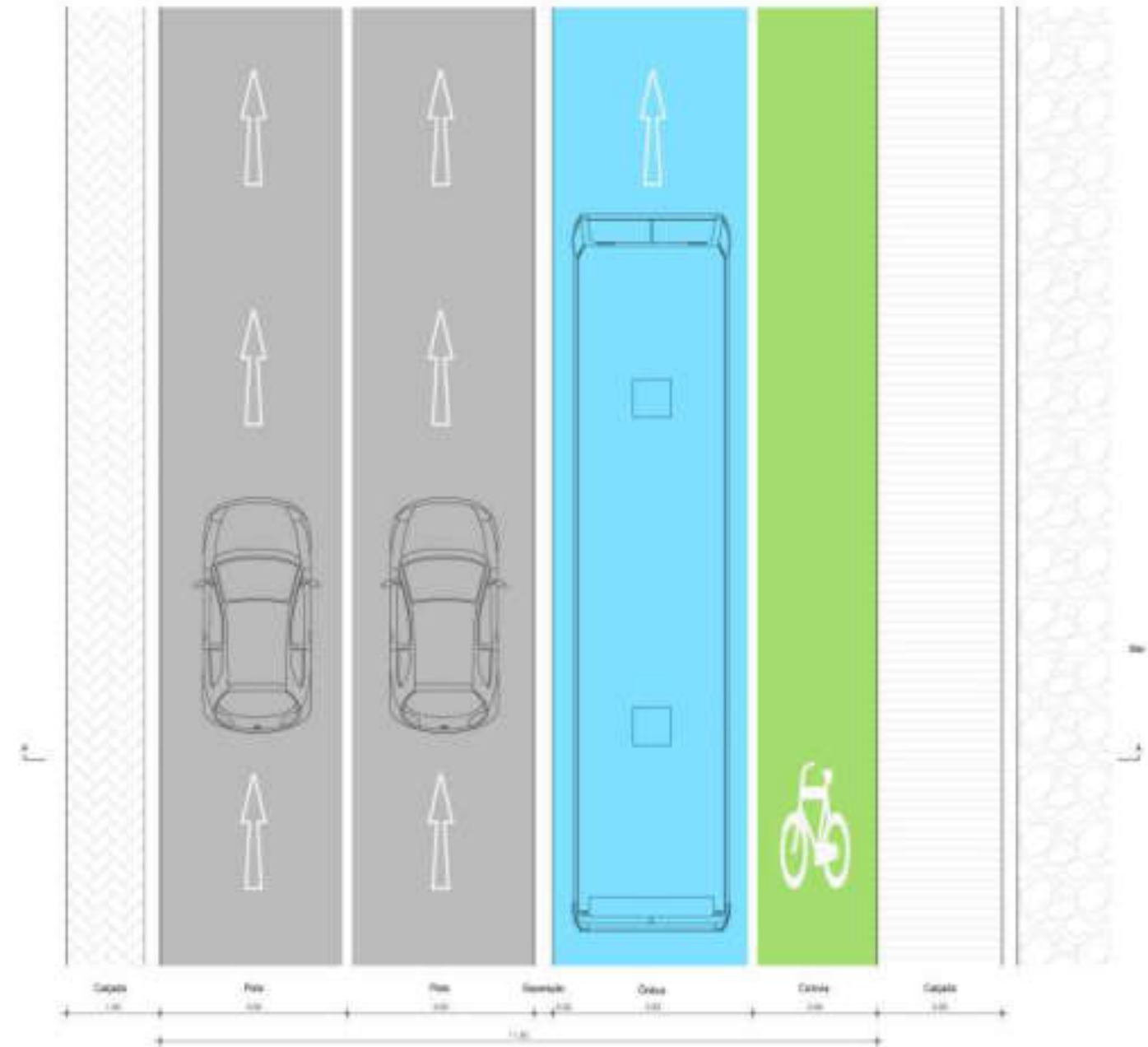
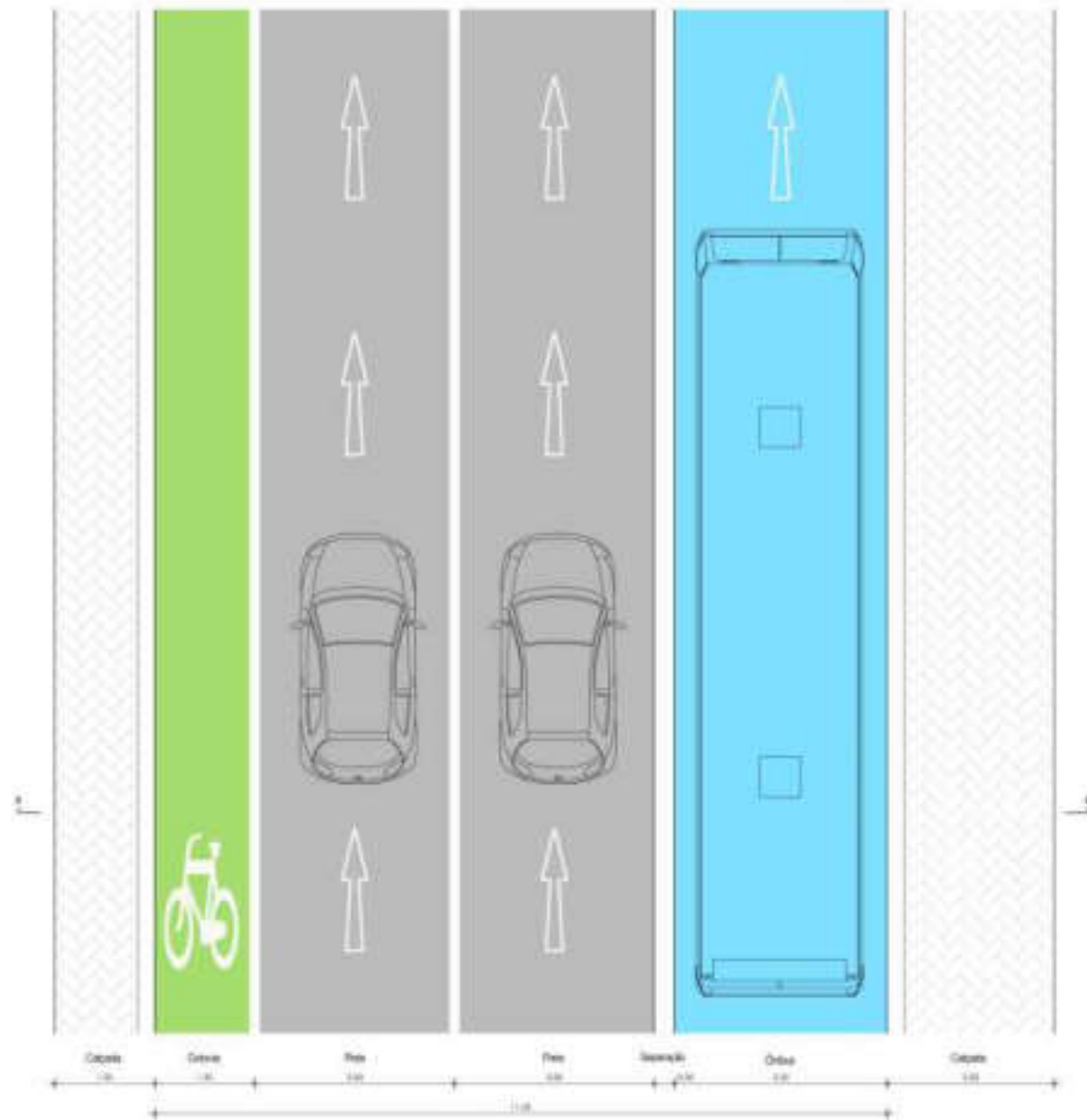
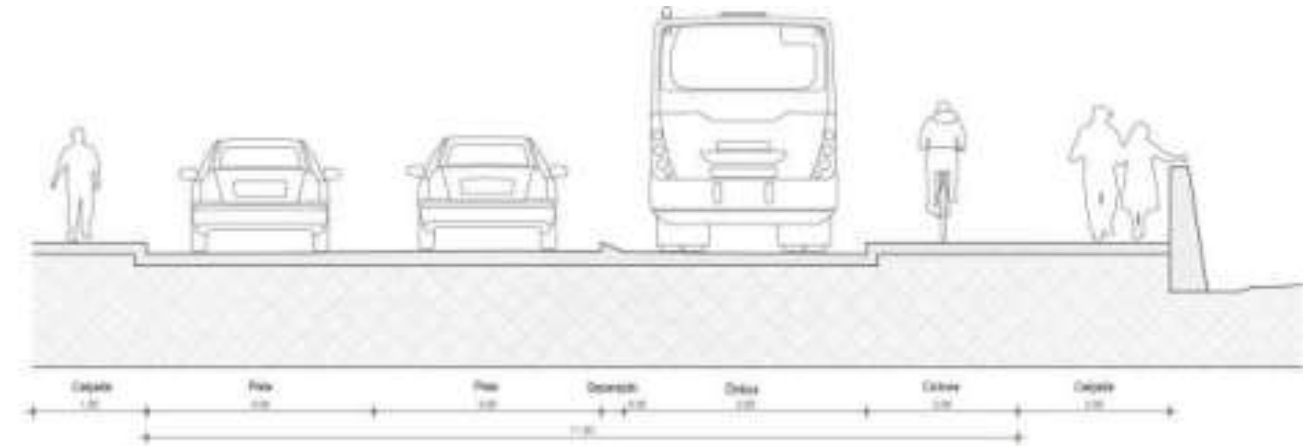
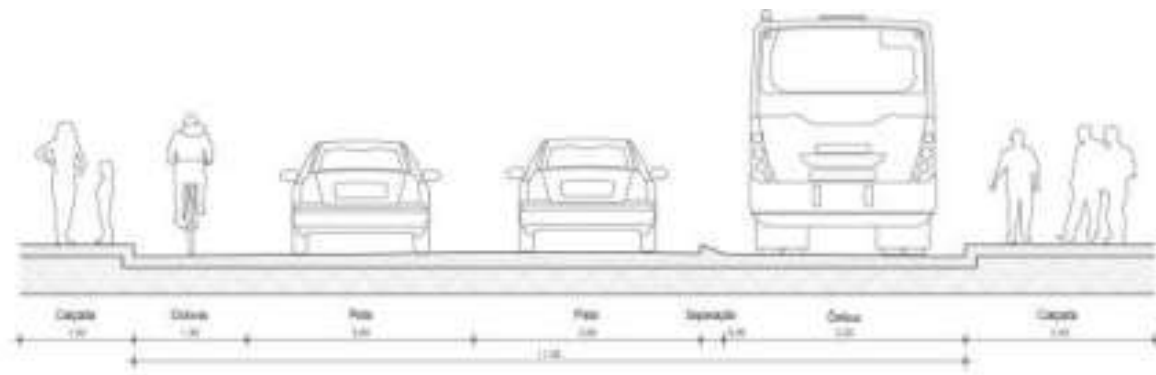
Av.Pref. Cirino Adolfo Cabral

<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>82 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------



Av. Pref. José Juvenal Mafra

Av. Pref. Cirino Adolfo Cabral



Ciente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

Número Mapa

82 / 84

Data

25/10/19

Navegantes



Legenda

● Estação



--- Ampliação de via proposta

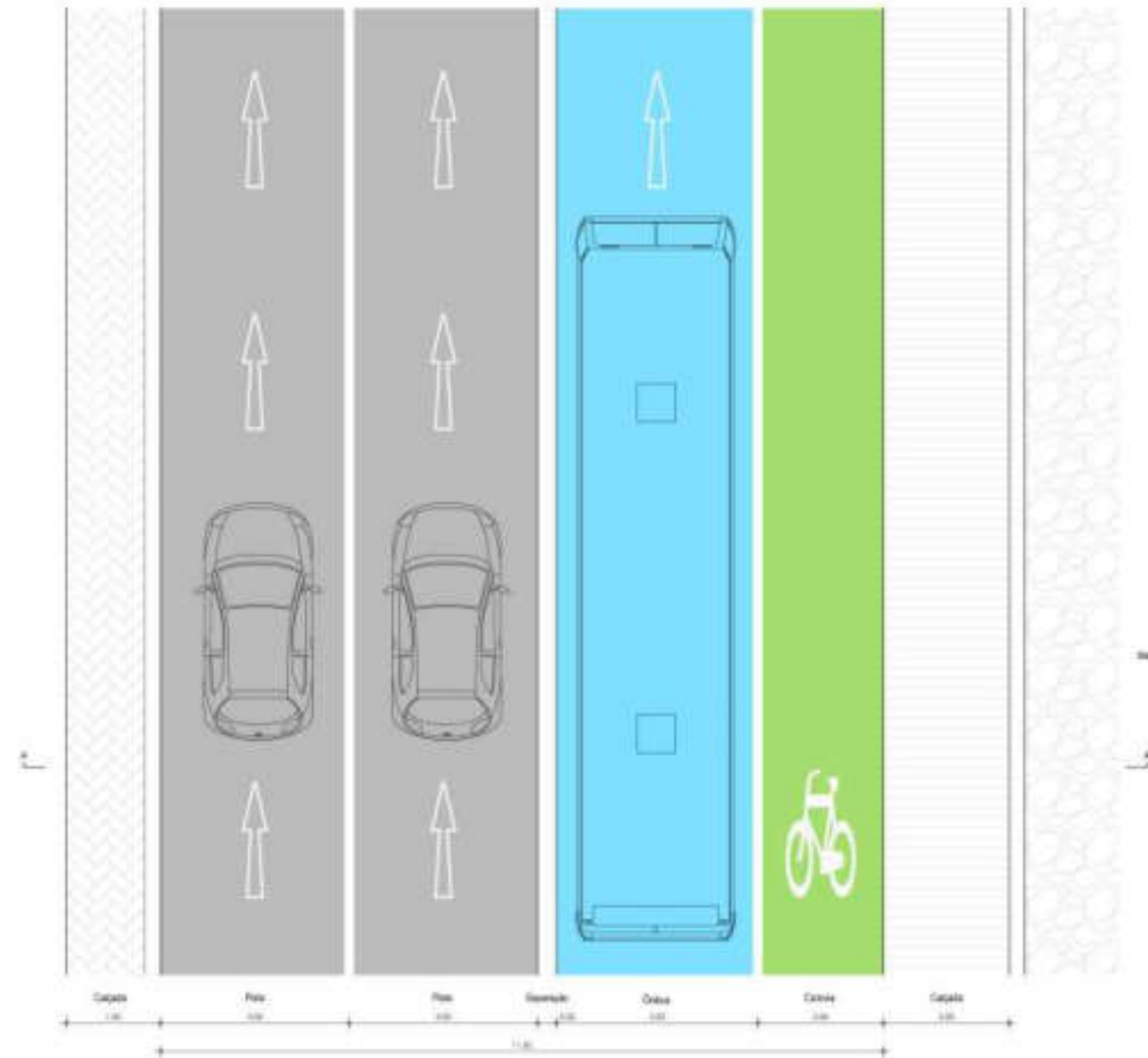
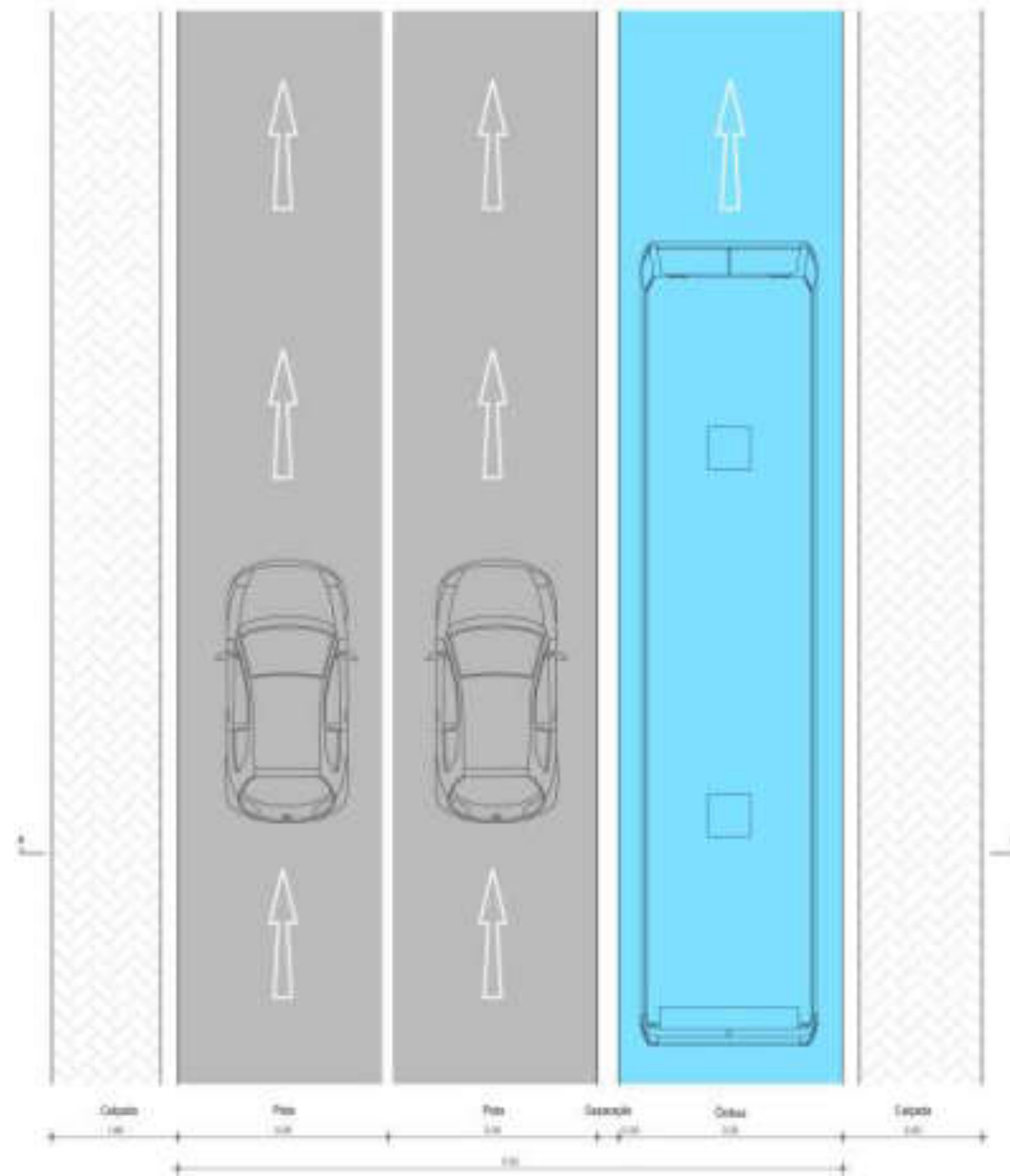
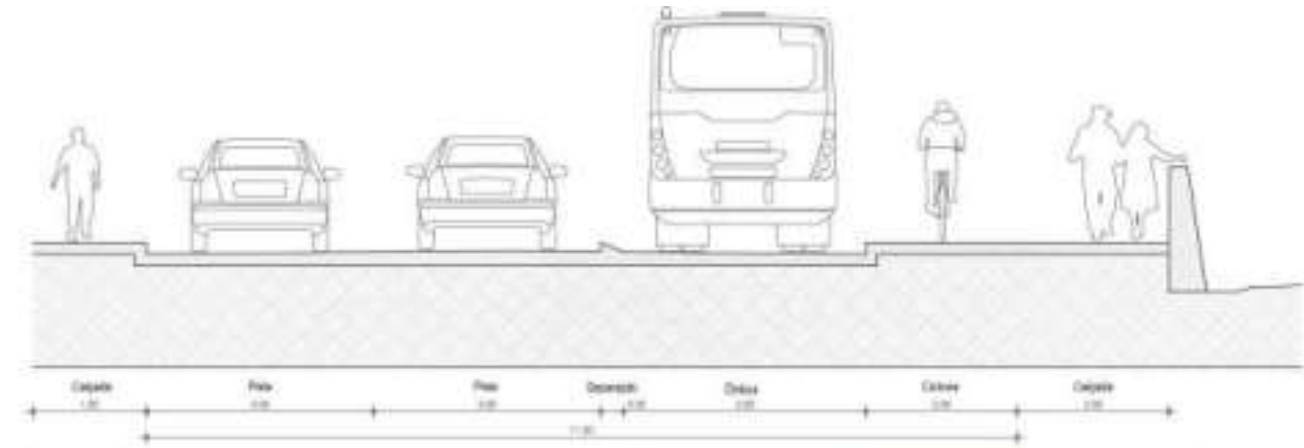
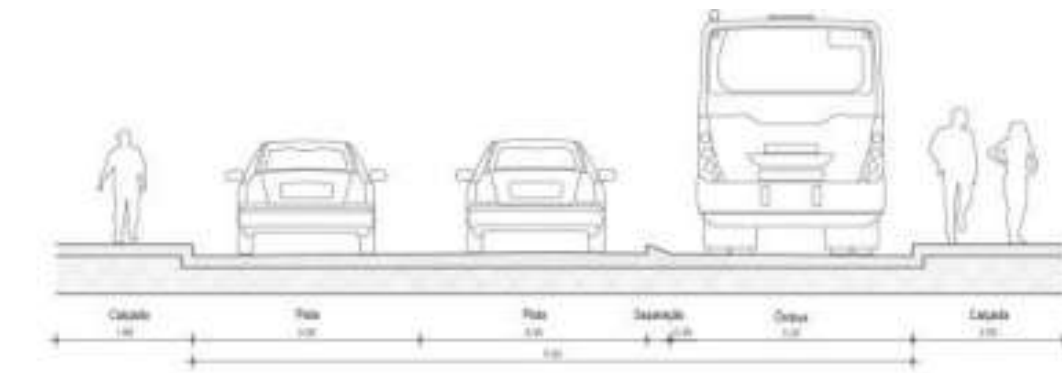
--- Ampliação de via prevista no planeamento

--- Nova via proposta

--- Nova via prevista no planeamento

Av.Pref. Cirino Adolfo Cabral






<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:3000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>83 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------





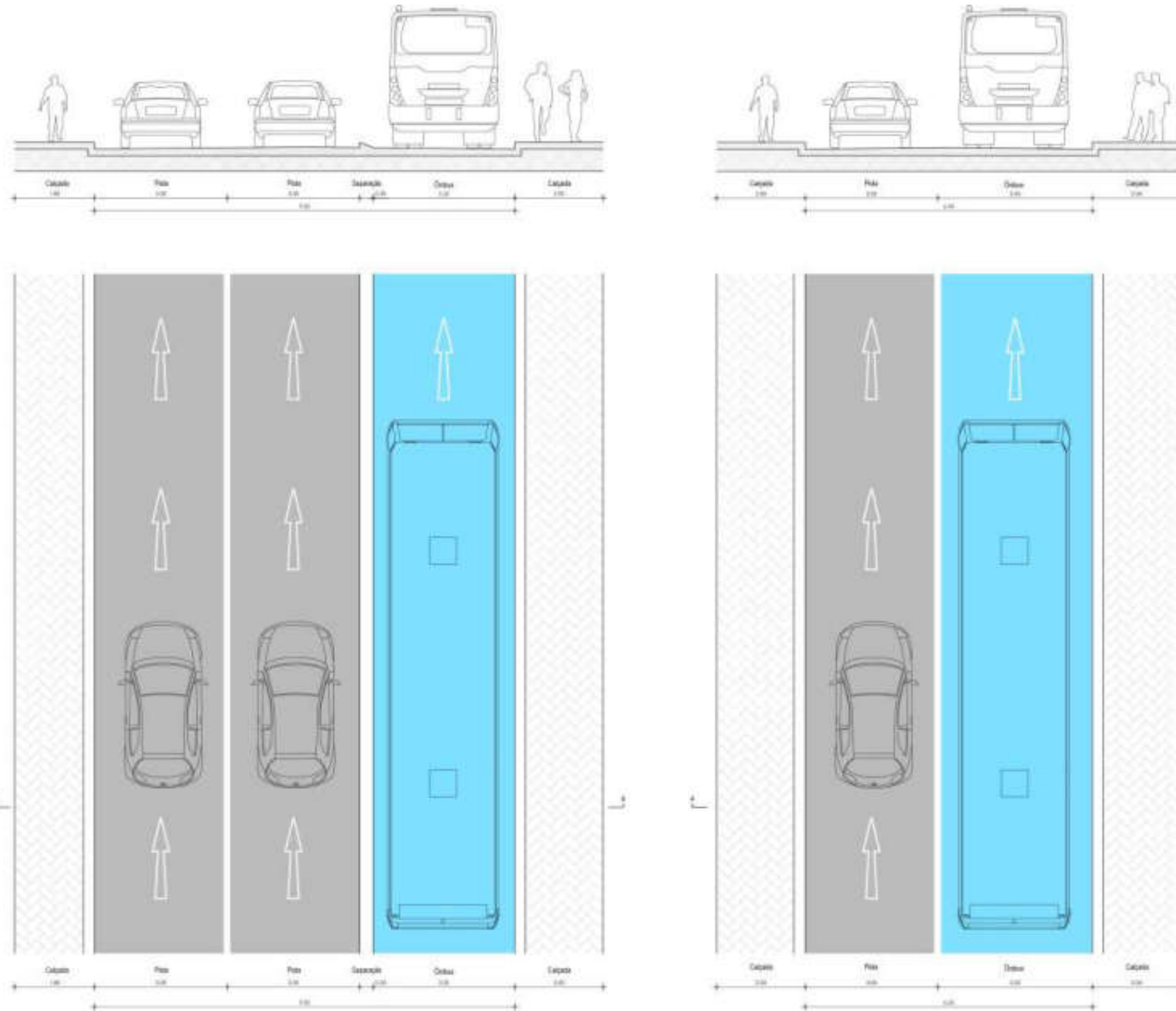
<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:100</p>	<p>Número Mapa</p> <p>83 / 84</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

Navegantes



Legenda		R.Estevo Pivato			
 Estação	 Ampliação de via proposta	 Nova via proposta	 Ampliação de via prevista no planejamento	 Nova via prevista no planejamento	

Cliente 	Consultor 	Mapa Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)	Escala (DinA3) 1:3000	Número Mapa 84 / 84	Data 25/10/19
--	---	---	--------------------------	------------------------	------------------



Cliente



Consultor



Mapa

Sistema Norte (Balneário Piçarras - Penha - Navegantes)

Escala (DinA3)

1:100

Número Mapa

84 / 84

Data

25/10/19

### 2.3. Estudo de Pré-viabilidade para Implantação de Pontos de Parada e de Terminais de Final de Linha

#### 2.3.1. Definição dos pontos de parada

Neste estudo foram consideradas preliminarmente três tipologias de ponto de parada (P15: com abrigo de 15 metros, P5: com abrigo de 5 metros e PB sem abrigo), e foram distribuídos ao longo da malha de transportes prevista de forma preliminar de acordo com os dados de sobes e baixas da documentação existente, ademais das expectativas de demanda na base da tipologia e densidade de povoamento na sua área de influência.

A maior parte dos pontos de parada com abrigo de 15 metros (P15) estão no Sistema Central, com 28 pontos, tendo 05 no sistema Sul e 02 no Sistema Norte. Deve-se considerar que o Sistema Central compartilha 02 pontos de parada com o Sistema Sul e 01 ponto com o Sistema Oeste, esses são P15 e funcionam como pontes de transferência entre Sistemas, por isso, o total de pontos P15 a implantar somam 32. Os pontos de parada com abrigo de 5 metros (P5) estão repartidos em sua maioria entre o Sistema Central e Sul, com 34 e 24 pontos, respectivamente, seguidos pelo Sistema Norte com 18 pontos. Os pontos de parada sem abrigo (PB) estão majoritariamente no Sistema Norte e Sul com 45 e 44 pontos, respectivamente. O sistema Central apresenta apenas 14 pontos sem abrigo. Para o Sistema Oeste, considerou-se que não serão necessários novos pontos de paradas – os pontos de parada dos sistemas interurbanos existentes podem ser aproveitados.

Na tabela a seguir mostra o número de pontos de parada por tipologia e Sistema.

**Tabela 18 - Pontos de Parada por Tipologia e Sistema**

	Sistema Central	Sistema Sul	Sistema Norte	Sistema Oeste	TOTAL
<b>P15</b>	28	5	2	-	32
<b>P5</b>	34	24	18	-	76
<b>PB</b>	14	44	45	-	103

As seguintes figuras mostram os mapas das estações por tipologia (P15, P5 e PB):



**Figura 7 - Pontos de Parada por Tipologia do Sistema Central. P15 em Vermelho, P5 em Amarelo e PB em Cinza.**

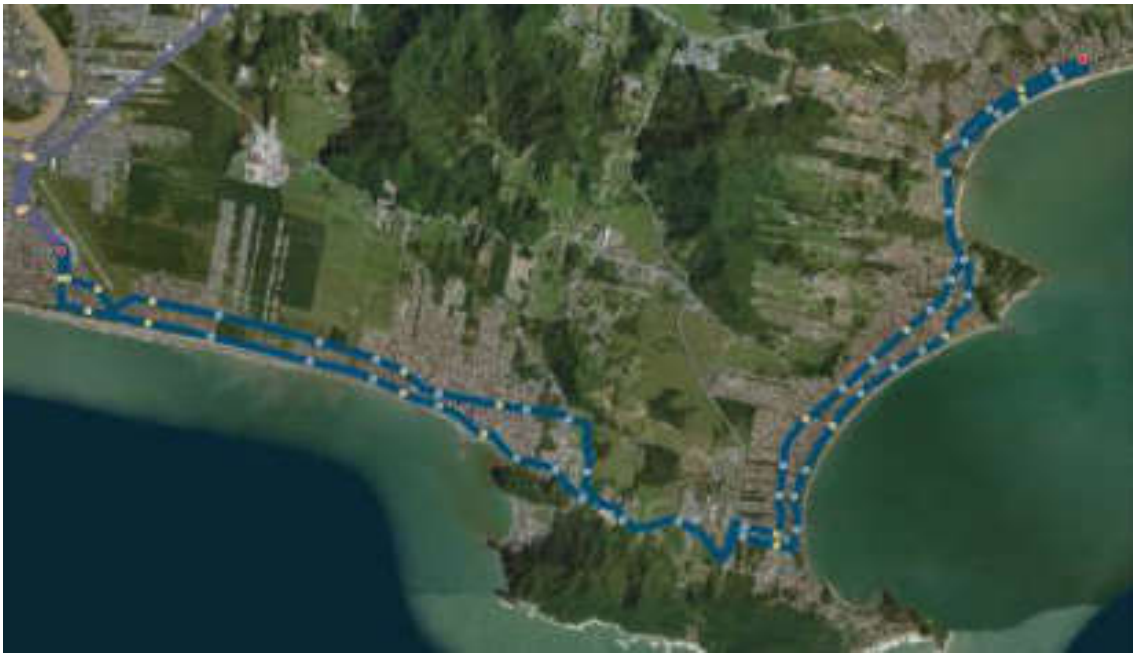


Figura 8 - Pontos de Parada por Tipologia do Sistema Norte. P15 em Vermelho, P5 em Amarelo e PB em Cinza.

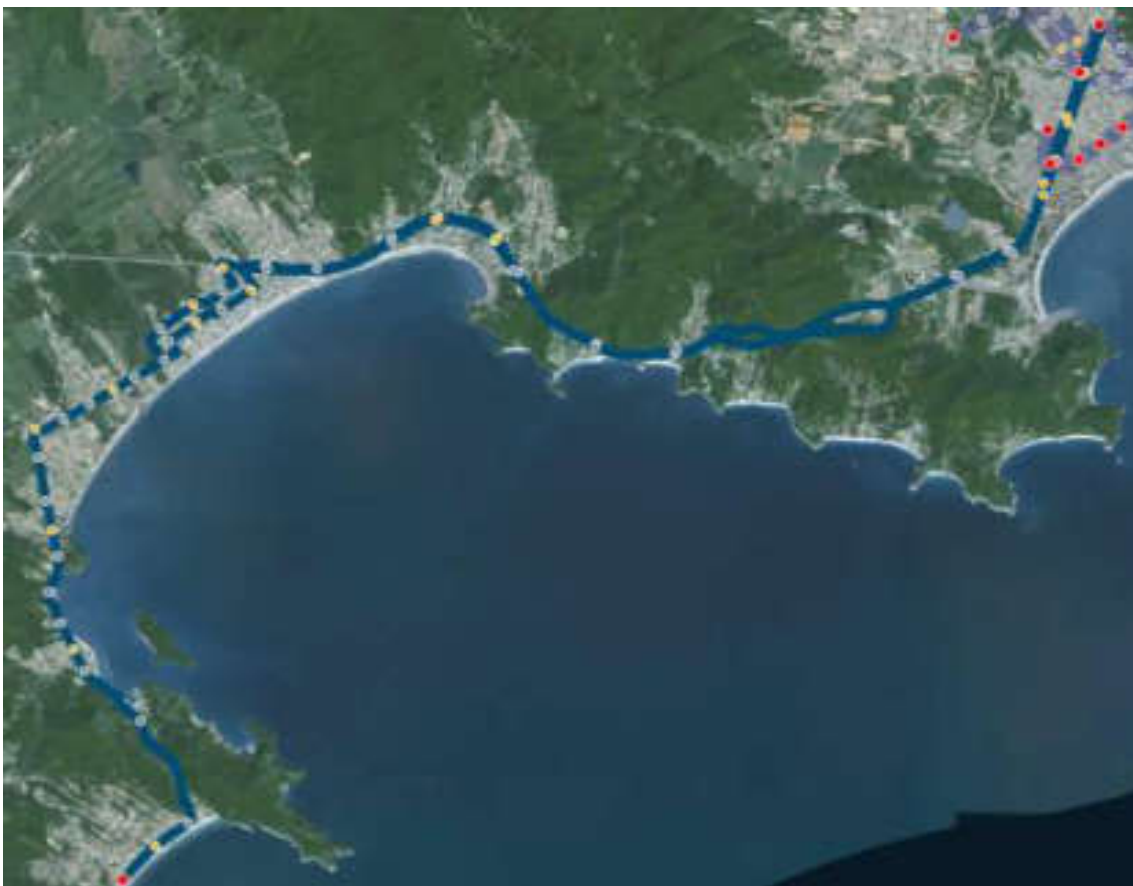


Figura 9 - Pontos de Parada por Tipologia do Sistema Sul. P15 em Vermelho, P5 em Amarelo e PB em Cinza.

Contudo, ressalta-se que um adequado dimensionamento dos pontos de parada requer informações mais detalhadas sobre a demanda específica de cada ponto de parada (embarque e desembarque para ponto de parada, diagrama de carga de linhas). Com esses parâmetros, será possível prever a largura, comprimento, e necessidade de abrigo dos diferentes pontos de parada. Isso é especialmente relevante no caso onde os pontos de parada foram previstos com controle de acesso, por quanto será preciso validar o espaço determinado para espera dos passageiros no interior dos pontos de parada (20 m de comprimento e 1,7 m de largura, cercar de 35 m<sup>2</sup>) será suficiente aos padrões mínimos de conforto (máx. 4 pessoas por m<sup>2</sup>).

### 2.3.2. Implantação de pontos de parada

Neste capítulo, estuda-se a viabilidade para implantação de pontos de parada nas vias onde está previsto o percurso das linhas de ônibus.

Para isso, apresenta-se a racionalidade de implantação, na sequência, mostra-se sua implantação específica em um desenho focado para uma situação habitual nas vias da região.

Considera-se como ponto de partida um ponto de parada definido pelas seguintes características:

- **Comprimento do ponto de parada 15 m**, para permitir resguardo e embarque para ônibus articulados de 18 m. Poderá ter abrigo de até 15 m (com implantação de veículos de 24 m no longo prazo, a área efetiva de parada dos ônibus pode ser ampliada até os 25 m);
- **Largura do abrigo de 1,7 m;**
- **Largura mínima da calçada de 1,5 m**, atrás do abrigo do ponto de parada.

Para facilitar a implantação dos abrigos de 1,7 m nas vias do entorno de trabalho, vias habitualmente bastante estreitas, propõe-se a seguinte estratégia:

- I. A largura das faixas para circulação de veículos estreita-se progressivamente de 3,0 m até 2,5 m no entorno do ponto de parada (considerando-se duas faixas);
- II. A largura da faixa de ônibus estreita-se progressivamente de 3,2 m até 3,0 m;
- III. A largura da calçada estreita-se progressivamente de 2,0 m até 1,5 m atrás do abrigo do ponto de parada (considerando-se duas faixas). Em vias onde só exista uma faixa de circulação, o espaço necessário poderá ser obtido por meio do estreitamento da calçada oposta de 2,0 m para 1,5 m;
- IV. As áreas de transição entre as larguras habituais das faixas/calçadas e as larguras no entorno do ponto de parada terão um comprimento mínimo de 25,0 m, evitando assim mudanças bruscas na seção das vias;



- V. A área entorno ao ponto de parada terá um comprimento de 25,0 m, permitindo incorporar faixas para pedestres cruzando a via.

Na sequência mostra-se os desenhos para uma estação padrão implantada em uma via de 2 e 3 faixas de circulação, com uma faixa exclusiva para ônibus, com uma largura total de 13,5 m.



<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Ponto de parada numa via de 2 faixas</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:125</p>	<p>Número Mapa</p> <p>1/2</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	---	------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------



Cliente	Consultor	Mapa	Escala (DinA3)	Número Mapa	Data
		Ponto de parada numa via de 3 faixas	1:125	2/2	25/10/19

### 2.3.3. Localização de terminais de linha

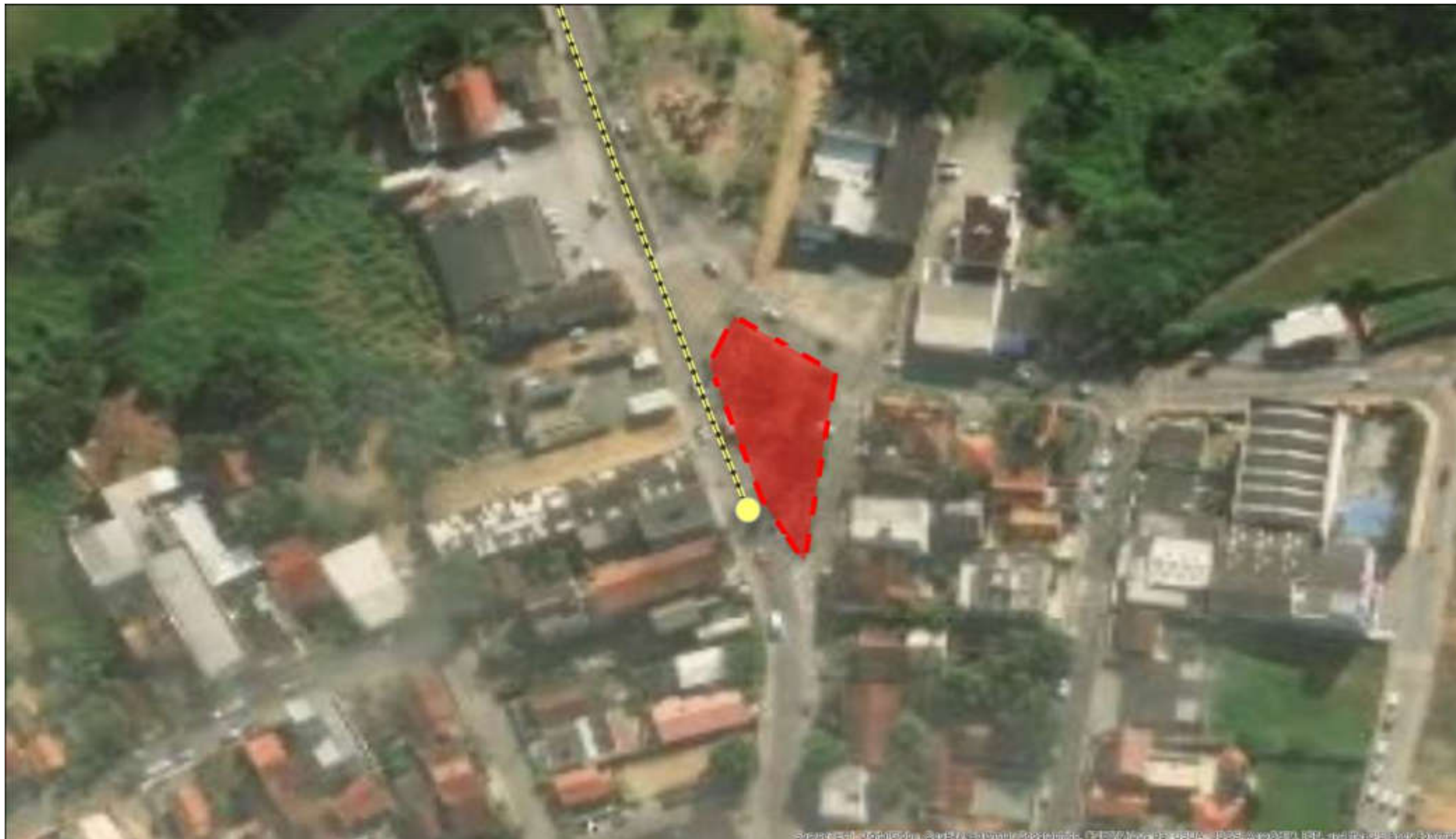
Finalmente, mostra-se a sequência de mapas identificando os locais para terminais de linhas nos extremos dos traçados propostos.

Como ponto de partida, este estudo não avaliou explicitamente a organização do Sistema por linhas específicas, pois tal trabalho cabe aos estudos de demanda.

Mas sim que se aponta uma organização geral dos transportes em grandes subsistemas seguindo lógicas territoriais, e as primeiros ordens de magnitude das demandas facilitadas no início do estudo.

Com estes dados, tem-se identificados 06 diferentes locais para terminais de ônibus no início de cada segmento. Concretamente, tem-se:

- Terminal “Camboriú Prefeitura”;
- Terminal “BC Univali – Hospital” em Balneário de Camboriú;
- Terminal “Bombinhas”;
- Terminal “Piçarras”;
- Terminal “Navegantes Aeroporto”;
- Terminal “Itajaí”.





<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: yellow;">●</span> Estação</li> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: yellow; border-bottom: 1px dashed yellow;">    </span> Ampliação de via proposta</li> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: blue; border-bottom: 1px dashed blue;">    </span> Nova via proposta</li> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: green; border-bottom: 1px dashed green;">    </span> Ampliação de via prevista no planejamento</li> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: blue; border-bottom: 1px dashed blue;">    </span> Nova via prevista no planejamento</li> </ul>					
--	--	--	--	--	--

<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p style="text-align: center;">Estações terminai – Camboriú</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p style="text-align: center;">1:1000</p>	<p>Número Mapa</p> <p style="text-align: center;">1 / 6</p>	<p>Data</p> <p style="text-align: center;">25/10/19</p>
---	---	---	---	---	---





Legenda «Mens3»

- Estação
- Ampliação de via proposta
- Ampliação de via prevista no planejamento
- Nova via proposta
- Nova via prevista no planejamento

Cliente 	Consultor 	Mapa Estações terminai – Hospital/Universidade	Escala (DinA3) 1:1000	Número Mapa 2 / 6	Data 25/10/19
--	---	---	--------------------------	----------------------	------------------





<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: yellow;">●</span> Estação</li> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: yellow;">—</span> Ampliação de via proposta</li> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: blue;">—</span> Nova via proposta</li> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: green;">—</span> Ampliação de via prevista no planejamento</li> <li style="margin-right: 20px;"><span style="color: blue;">—</span> Nova via prevista no planejamento</li> </ul>					
---	--	--	--	--	--

<p>Ciente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Estações terminai – Bombinhas</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:1000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>3 / 6</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
---	---	--	-------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------





<p>Legenda</p>	
<p>● Estação</p>	<p>— Ampliação de via proposta</p> <p>— Ampliação de via prevista no planejamento</p>
<p>— Nova via proposta</p> <p>— Nova via prevista no planejamento</p>	

<p>Cliente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Estações terminai - Penha</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:1000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>4 / 6</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
--	---	--	-------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------






<p>Legenda</p>	
<p>● Estação</p>	<p>— Ampliação de via proposta</p> <p>— Ampliação de via prevista no planejamento</p>
<p>— Nova via proposta</p> <p>— Nova via prevista no planejamento</p>	

<p>Cliente</p> 	<p>Consultor</p> 	<p>Mapa</p> <p>Estações terminai - Aeroporto</p>	<p>Escala (DinA3)</p> <p>1:1000</p>	<p>Número Mapa</p> <p>5 / 6</p>	<p>Data</p> <p>25/10/19</p>
--	---	--	-------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------



Legenda «Mens3»

-  Estação
-  Ampliação de via proposta
-  Nova via proposta
-  Ampliação de via prevista no planejamento
-  Nova via prevista no planejamento

Cliente 	Consultor 	Mapa Estações terminai – Terminal Fazenda	Escala (DinA3) 1:1000	Número Mapa 6 / 6	Data 25/10/19
--	---	--	--------------------------	----------------------	------------------

### **3. PROJETO PRELIMINAR DE DRENAGEM**

#### **3.1. Introdução**

Visando à obtenção de elementos para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem no local de implantação do projeto, no que se relaciona à condução das águas provenientes do escoamento superficial para locais afastados do corpo estradal e a transposição de cursos de água permanentes ou temporários, foi desenvolvido o presente Estudo Hidrológico.

Este estudo consiste na determinação do regime pluviométrico para a região atravessada pela via, na caracterização fitogeomorfológica das bacias de contribuição e na obtenção das vazões de projeto para cada seção de controle.

Para tanto, se fez necessários à obtenção de dados de pluviometria, tirados de postos pluviográficos ou pluviométricos, aos quais se deu tratamento probabilístico, chegando assim às curvas de intensidade-duração- frequência.

O desenvolvimento de todos esses passos têm por objetivo final determinar as descargas nos pontos de controle, utilizando-se métodos que contemplam a relação chuva-deflúvio.

Outro importante parâmetro para o dimensionamento de obras hidráulicas é o tempo de recorrência (TR) ou período de retorno de uma precipitação máxima, que representa o tempo médio em anos em que essa precipitação é igualada ou superada pelo menos uma vez.

#### **3.1.1. Instrumentos normativos utilizados**

A metodologia aplicada para os estudos hidrológicos pautou-se nos seguintes instrumentos normativos:

- Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005), com o intuito de fundamentar a definição da vazão de projeto e do dimensionamento hidráulico das estruturas de drenagem superficial, quando necessárias
- Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006);
- Diretrizes Básicas para a Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos/Instruções de Serviço (DNIT, 2006);
- Diretrizes Básicas para a Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Instruções para a apresentação de Relatório (DNIT, 2006).

### **3.1.2. Metodologia**

A metodologia adotada nos Estudos Hidrológicos pode ser resumida na seguinte sequência:

- Coleta e análise de dados;
- Pluviometria;
- Delimitação das áreas de contribuição;
- Metodologia para determinar as vazões de projeto;

### **3.1.3. Coleta e Análise de dados**

Os elementos básicos consultados e utilizados no desenvolvimento dos estudos são listados a seguir:

- Classificação climática de koppen-Geiger;
- Caracterização da vegetação;
- Caracterização da Hidrografia;
- Dados da estação pluviométrica nº 2748000 – Brusque - SC, disponível no site da ANA (Agência Nacional de Águas);
- "Práticas Hidrológicas", de autoria do Engenheiro José Jaime Taborga Torrico;
- Caracterização das bacias hidrográficas;
- Imagem Google Earth;

### **3.1.4. Clima**

Segundo os tipos climáticos de Köppen, o trecho está localizado em uma região de classificação Cfa, (falta de estação seca e temp. do mês mais quente > 22° C) temperatura moderada; chuvas bem distribuídas; verão quente; geadas nos meses de inverno; temp. média no inverno < 16°C; temp. máx no mês mais quente > 30° C., como pode ser visto na figura abaixo:

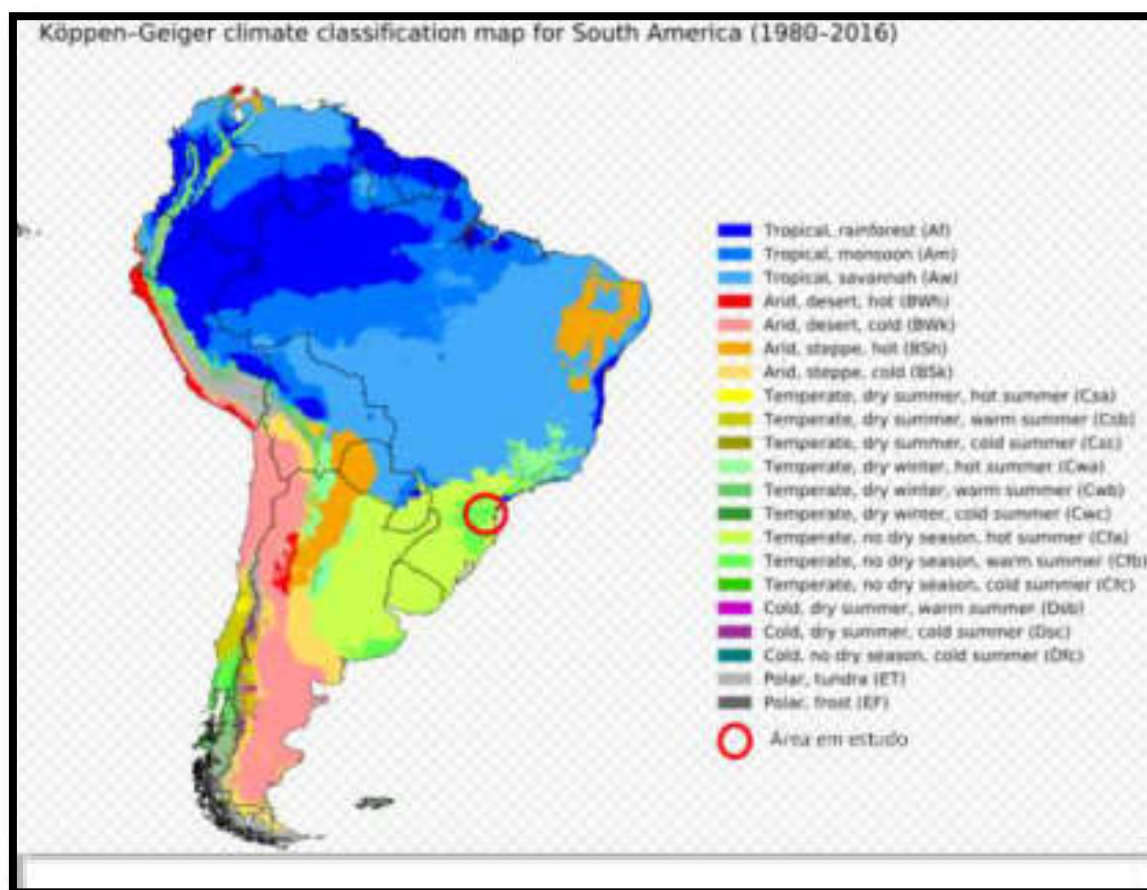


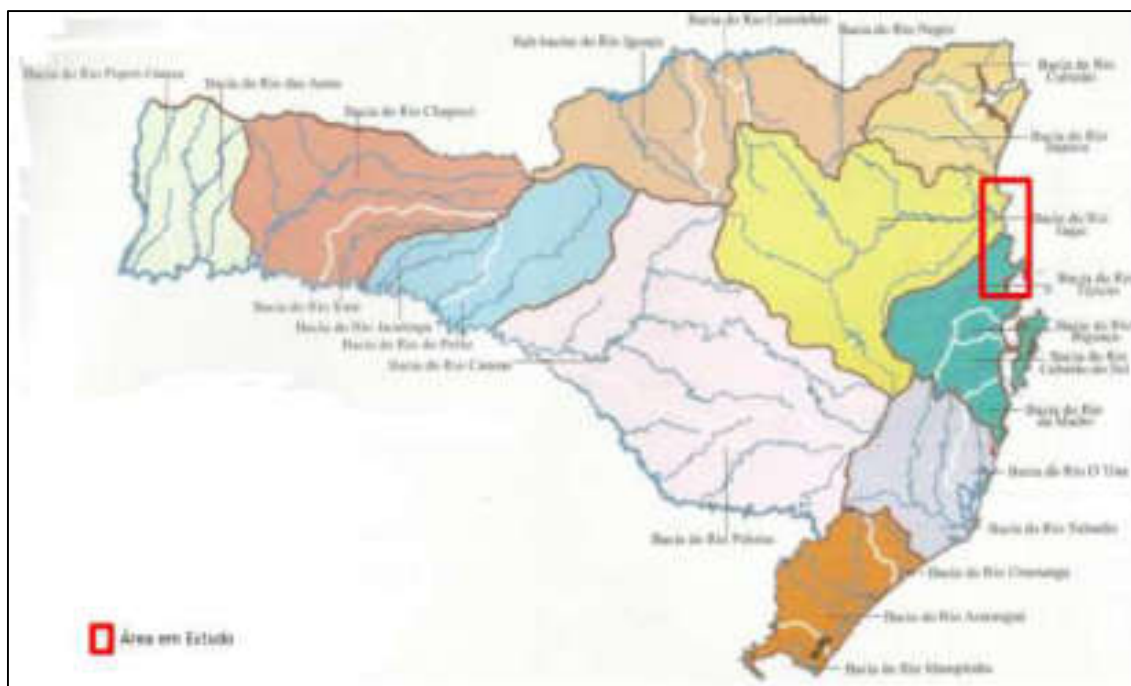
Figura 10 – Mapa de Köppen (Fonte IBGE)

### 3.1.5. Vegetação

O Estado de Santa Catarina apresenta ampla variedade ambiental, traduzida na multiplicidade das paisagens e das formações vegetais, distribuídas pelas suas várias regiões fitogeográficas. Grande parte da vegetação original desapareceu por causa da expansão urbana, desmatamento para a agropecuária e extrativismo. Ao longo do traçado em estudo apresenta dois tipos de vegetação, vegetação litorânea formada por mangues e restingas e a mata atlântica com influencia oceânica, com elevado índice de umidade e baixa amplitude térmica.

### 3.1.6. Hidrografia

Devido o relevo da região de Santa Catarina a bacia hidrografia é dividida em dois sistemas independentes de drenagem, sistema integrado da vertente do interior, comandado pela bacia Paraná-Uruguai e o sistema de vertente atlântica formado por um conjunto de bacias isoladas. O traçado em estudo intercepta duas principais bacias, a bacia do Rio Itajaí e a bacia do Rio Tijucas, estas fazem parte da vertente atlântica que compreende uma área aproximada de 35.298 km<sup>2</sup>.



**Figura 11 – Mapa Hidrográfico**  
(Fonte: Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina – Diagnóstico Geral, Florianópolis, 1997)

### 3.1.7. Pluviometria

Procurou-se inicialmente mapear todos os postos pluviométricos e/ou fluviométricos instalados e em funcionamento na região do projeto, incluindo aqueles situados o mais próximo deste segmento que pudesse fornecer uma série histórica de valores confiáveis.

Os dados de pluviometria utilizados neste estudo hidrológico foram coletados junto a ANA-Agência Nacional de Águas, e correspondem às precipitações diárias observadas na Estação Pluviométrica de Brusque – nº 2748000, para o período compreendido entre os anos de 1941 a 2019. Os referidos dados foram obtidos através de leituras de pluviômetro em intervalos de 24 horas. Embora o Município de Itajaí conte com um posto pluviométrico, adotou-se o posto de Brusque como representativo do comportamento pluviométrico no local de projeto devido à sua proximidade e visto que outros postos da região têm dados inconsistentes.

A seguir são apresentados às medias das precipitações totais mensais e dias de chuvas



Figura 12 – Precipitação Totais Mensais - Estação Brusque



Figura 13 – Precipitação Dias de Chuvas – Estação Brusque

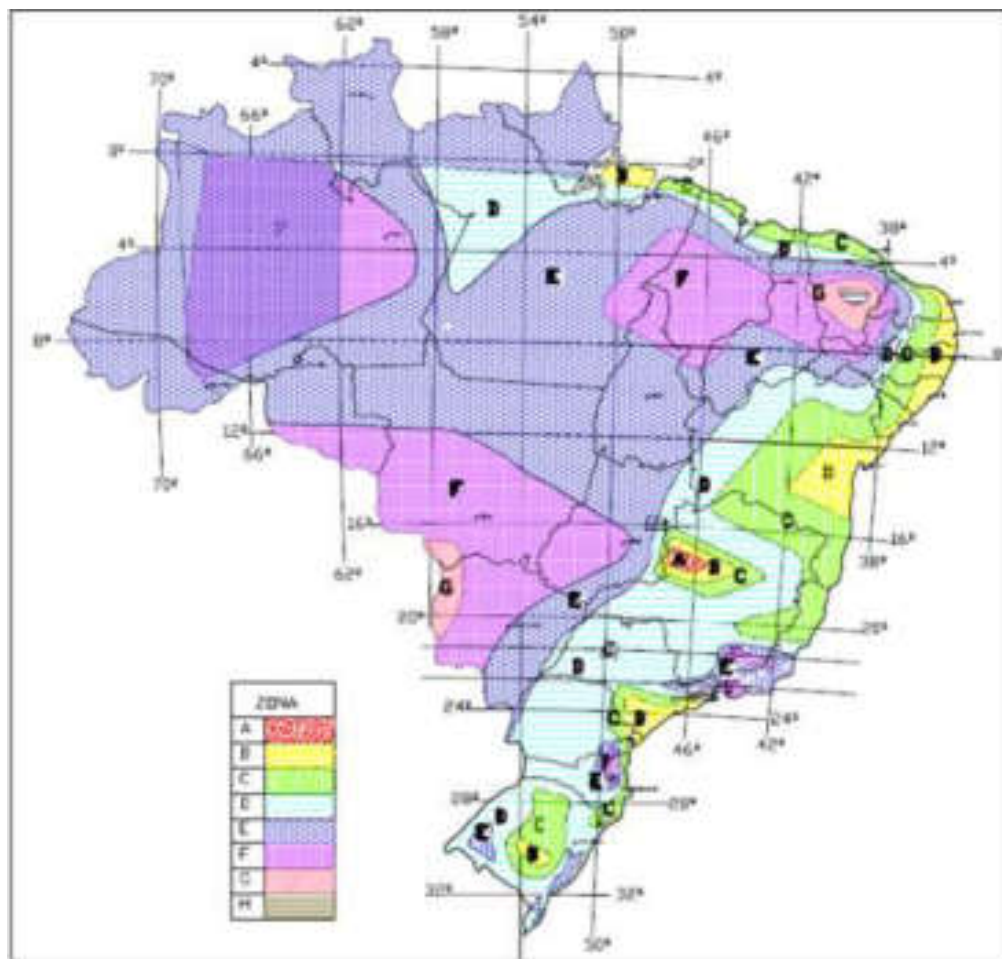
Pelo histograma acima, pode-se concluir que o trimestre compreendido entre abril e agosto é o mais seco do ano. O trimestre mais chuvoso é constituído pelos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. A média anual para a Estação Pluviométrica de Brusque é de 1.503, mm.

De posse dos dados coletados, procedeu-se à análise estatística, para fins de aplicação metodológica de chuvas intensas.

Para o desenvolvimento dos cálculos hidrológicos, definição das alturas de precipitação e intensidades pluviométricas, optou-se pela utilização do Método Estatístico, aprimorado para as peculiaridades do

território brasileiro a partir da metodologia desenvolvida pelo Engenheiro José Jaime Taborga Torrico, denominado "Modelo das Isozonas".

O modelo das Isozonas foi desenvolvido por Torrico (1974) e se baseou em determinações estatísticas para estabelecer relações entre os dados dos postos pluviográficos estudados por Pfafstetter e postos pluviométricos, com o objetivo de se definir as alturas e intensidades de precipitação para o tempo de recorrência e duração desejados. Sendo assim, Taborga dividiu o Brasil em 8 isozonas, onde há uma relativa regionalização do clima a ser considerada como fator de cálculo da precipitação, tal como pode ser visto na figura abaixo.



**Figura 14 – Mapa das Isozonas**  
(Fonte: Adaptado de Torrico, 1974 – Práticas Hidrológicas)

Torrico, para desenvolver seu estudo, observou que as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil (referenciadas no estudo de Pfafstetter), quando plotadas em um papel de probabilidades, determinam retas de altura de precipitação/duração que tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto, para determinadas áreas geográficas. Essa tendência “significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de



recorrência, é constante e independe das alturas de precipitação” (TORRICO, 1974, p. 10 - Práticas Hidrológicas). Dessa forma, Torrico correlacionou às precipitações das estações pluviométricas com as isozonas, deduzidas a partir do estudo de Pfafstetter, determinando relações entre chuvas de 24 horas/1 dia, 1 hora / 24 horas e 6 minutos / 24 horas. Essas correlações podem ser vistas na tabela abaixo.

**Tabela 19 – Isozonas de Igual Relação**  
(Fonte: TORRICO, 1974, p. 15)

ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO												
TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS												
ZONA	1 Hora / 24 horas chuva										6min	Chuva
	5	10	15	20	25	30	50	100	1.000	10.000	5-50	100
A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

A priori, calculou-se a chuva de um dia para o posto pluviométrico selecionado, para o tempo de recorrência desejado, a partir do método estatístico, considerando a média, o desvio padrão das máximas precipitações anuais e os valores K em função das leis de Gumbel.

Para cada tempo de recorrência, foi calculada a chuva de um dia a partir da seguinte expressão:

$$P = X + (K \times \sigma)$$

Onde:

- X= média
- K = constante de gumbel
- $\sigma$  = desvio padrão

Os valores de K, em função do número de eventos considerados

Foi feita a conversão da chuva de um dia em chuva de 24 horas, fazendo-se a multiplicação pelo fator 1,095. Em seguida, definiu-se a Isozona em que a área do empreendimento está inserida (Isozona E). Para a Isozona E, verificou-se na tabela, Isozonas de igual relação, o percentual correspondente para transformar a chuva de 24 horas em chuva de 1 hora e de 6 minutos. A partir das alturas das precipitações, obtiveram-se as intensidades pluviométricas em mm/h, dividindo-se as alturas obtidas pela duração da chuva em horas.



**Tabela 20 – Resultados Estatísticos**

73	5.822,10	79,75	27,96
Eventos	SOMA	MÉDIA	DESVIO

**Tabela 21 – Perceituais Adotados para a Isozonas E**

ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO												
TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS												
ZONA	1 Hora / 24 horas chuva										6min 24h	Chuva
	5	10	15	20	25	30	50	100	1.000	10.000	5-50	100
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2

**Tabela 22 – Valores de K Adotados em Função do nº de Eventos**

Valores de K (GUMBEL)					
Tr -Tempo de Recorrência em anos					
5	10	15	25	50	100
0,807	1,446	1,802	2,253	2,852	3,446

Para determinação dos valores da altura de precipitação foi utilizada a seguinte formulação:

Para tempos de concentração menores que 60 minutos:

$$= ((P_{\text{máx}1\text{h}} - P_{\text{máx}0,1\text{h}}) \times (0,999 + (0,106 \times \log_{10}(tc))) \times ((1 + \log_{10}(tc)))) + P_{\text{máx}0,1\text{h}}$$

Para tempos de concentração entre 1 hora e 24 horas:

$$= ((P_{\text{máx}24\text{h}} - P_{\text{máx}1\text{h}}) / \log_{10}(24)) \times (0,735 + (0,192 \times \log_{10}(tc))) \times ((1 + \log_{10}(tc)))) + P_{\text{máx}1\text{h}}$$

A intensidade é determinada pela seguinte expressão:

$$I = (60/Tc) * P$$

As tabelas a seguir apresentam o resumo dos valores calculados para o posto Brusque

**Tabela 23 – Método das Isozonas**

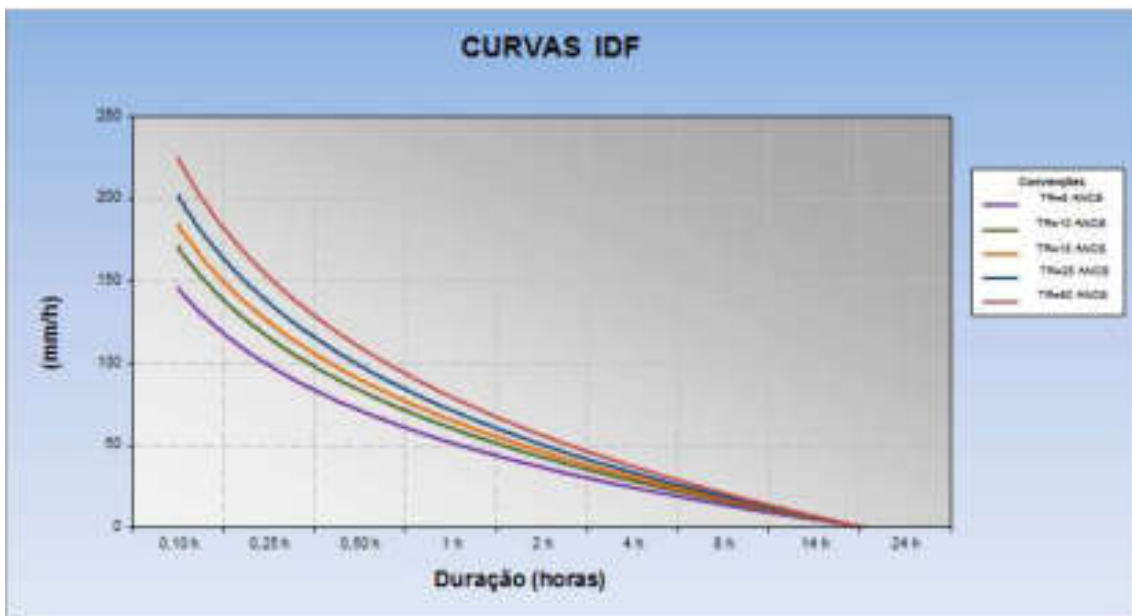
Posto : BRUSQUE SC Isozona : E

T ( anos )	ALTURA DA PRECIPITAÇÃO ( mm )								
	0,10 h	0,25 h	0,50 h	1 h	2 h	4 h	8 h	14 h	24 h
5	14,1	27,2	37,9	49,3	60,1	72,6	86,6	99,1	112,0
10	16,6	31,8	44,2	57,4	70,2	84,9	101,5	116,2	131,6
15	18,0	34,2	47,5	61,7	75,7	91,7	109,7	125,8	142,5
25	19,7	37,4	51,8	67,2	82,6	100,3	120,2	137,9	156,3
50	22,0	41,5	57,4	74,4	91,7	111,6	134,0	153,9	174,6
100	21,6	43,8	62,0	81,4	100,6	122,7	147,6	169,8	192,8

Posto : BRUSQUE SC Isozona : E

T ( anos )	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA ( mm/h )								
	0,10 h	0,25 h	0,50 h	1 h	2 h	4 h	8 h	14 h	24 h
5	141,2	108,8	75,8	49,3	30,1	18,1	10,8	7,1	4,7
10	165,8	127,1	88,3	57,4	35,1	21,2	12,7	8,3	5,5
15	179,6	136,9	95,1	61,7	37,8	22,9	13,7	9,0	5,9
25	197,0	149,5	103,6	67,2	41,3	25,1	15,0	9,8	6,5
50	220,1	166,0	114,8	74,4	45,9	27,9	16,7	11,0	7,3
100	216,0	175,4	124,0	81,4	50,3	30,7	18,5	12,1	8,0

As Curvas de Intensidade-Duração-Frequência e Precipitação-Duração-Frequência são apresentadas a seguir.


**Figura 15 – Curva de Intensidade, Duração e Frequência Referente ao Posto de Brusque - SC**

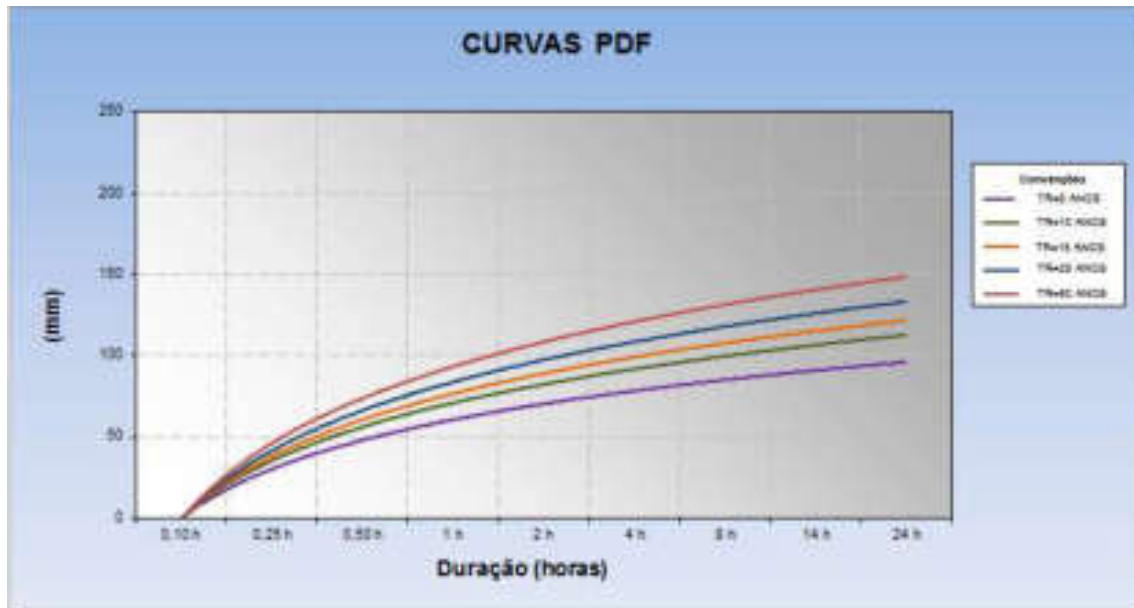


Figura 16 – Curva de Precipitação, Duração e Frequência Referente ao Posto Brusque – SC

### 3.1.8. Tempo de Recorrência ( $T_r$ )

Tempo de recorrência ( $T_r$ ) ou frequência é o período máximo provável para um evento ser igualado ou superado. No caso de drenagem, esse evento seria a combinação de intensidade e duração de uma chuva. A determinação do valor a ser usado leva em consideração a importância da rodovia no que tange:

- Ao risco ou perigo à vida humana;
- Aos prejuízos a propriedades limítrofes;
- À interrupção do tráfego nas vias da área;
- À importância das vias de tráfego de veículos da área.

Os tempos de recorrência ( $T_r$ ) previstos, para efeito de cálculo, obedeceram à IS203 do DNIT. Os valores adotados foram:

- Drenagem superficial: 10 anos;
- Bueiros de talvegue (tubular): 15 anos como canal e 25 anos como orifício;
- Bueiros de talvegue (celular): 25 anos como canal e 50 anos como orifício;
- Obras de arte especiais: 100 anos

### 3.1.9. Caracterização das bacias

Para a individualização das bacias hidrográficas foram utilizadas imagens do Google Earth e consultas nas cartas topográficas da região em estudo.

As características físicas, tais como configuração dos interflúvios, declividade do talvegue principal e das encostas, permeabilidade do solo, cobertura vegetal e armazenamento a montante, serão avaliadas na próxima etapa do projeto. Foram delimitadas apenas as grandes bacias onde os seus cursos d'água interceptam o traçado. O mosaico das bacias é apresentado na Tabela a seguir.

**Tabela 24 – Resumo das Bacias Delimitadas**

QUADRO RESUMO - BACIAS HIDROGRAFICAS						
Bacia	Área da Bacia (km <sup>2</sup> )	Referência	Curso D'água	Talvegue (km)	Obra Existente	Obra Projetada
1	39,56	Av. Gov. Celso Ramos	-	0,59	Galeria	Prolongar
2	8,12	Av. Gov. Celso Ramos	-	0,21	Bueiro	Prolongar
3	305,91	Av. Gov. Celso Ramos	-	2,48	Ponte	Ampliar
4	92,25	Av. Gov. Celso Ramos	-	16301,30	Galeria	Prolongar
5	45,41	Av. Gov. Celso Ramos	-	7192,23	Não localizado	-
6	642,37	Av. Gov. Celso Ramos	-	3,15	Ponte	Ampliar
7	6982,01	Av Hironildo Conceição dos Santos	Rio Perequê	13,23	Ponte	Ampliar
8	148,30	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	2,03	Bueiro	Prolongar
9	1068,63	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	Rio Bela Cruz	5,81	Ponte	Ser Verificada
10	464,46	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	2,65	Galeria	Prolongar
11	51,22	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	0,68	Não localizado	-
12	81,97	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	1,48	Não localizado	-
13	24,30	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	0,63	Não localizado	-
14	366,50	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	2,49	Galeria	Prolongar
15	29,88	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	0,42	Não localizado	-
16	53,95	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	0,70	Bueiro	Prolongar
17	290,55	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	3,07	Não localizado	-
18	314,95	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	-	2,38	BUEIRO	Prolongar
19	16482,62	AV. Santa Catarina	Rio Camboriú	20,09	Ponte	Ampliar
20	4,20	Rod. Gov. Mário Covas - BR-101	Rio Camboriú	16,77	Ponte	Manter
21	99,56	blvd. Martin Luther	-	1,20	Não localizado	-
22	137,88	blvd. Dos estados	-	1,44	Não localizado	-
23	244,31	Próxima rua Bentev	-	2,21	Não localizado	-
24	300,60	blvd. Dos estados	-	2,65	Não localizado	-
25	30,08	Av. dos Estado/ Av. Osvaldo Reis	-	0,64	Não localizado	-
26	285,46	Av. dos Estado/ Av. Osvaldo Reis	-	2,20	Não localizado	-
27	285,46	rod. Osvaldo Reis	-	294,89	Não localizado	-
28	68,23	Próxima rua Joel José Ferreira	-	10925,99	Não localizado	-
29	60,18	-	-	0,90	Não localizado	-
30	186,37	Av. Osvaldo Reis	-	1,30	Não localizado	-
31	31,13	Próxima rua Associação do Besc	-	0,53	Não localizado	-
32	48,63	rodovia Osvaldo reis	-	1,09	Não localizado	-
33	164,87	Próxima rua José roberto Sagáz	-	1,54	Não localizado	-
34	212,01	rodovia Osvaldo reis	-	1,86	Não localizado	-
35	53,20	Rua José Corpentino Chaves	-	0,84	Não localizado	-
36	64,68	Av. sete de stembro	-	1,20	Não localizado	-
37	60,23	Rua Arnaldo José de Oliveira	-	0,88	Não localizado	-
38	67,85	Av. sete de stembro	-	0,98	Não localizado	-
39	1489766,08	Próxima rua Mauricio Pacheco	Rio Itajaí	258,21	Ponte	Nova
40	1255,92	Próxima rua Carlos de Oliveira	Arroio Gravatá	9,35	Ponte	Nova
41	1404,99	Av. Prefeito Cirino Adolfo Cabral	Arroio Gravatá	10,12	Ponte	Ampliar
42	305,50	Próxima rua Eugênio Krause	Arroio Dona Aninha	2,07	Não localizado	-
43	2368,51	Rua Nereu Ramos	Rio Iriri	8,83	Ponte	Manter
44	10798,42	Av. Nereu Ramos	Rio Piçarras	23,73	Ponte	Manter

## **3.2. Projeto de Drenagem**

### **3.2.1. Introdução**

O projeto de drenagem tem como objetivo a implantação de dispositivos que venham a captar e escoar para locais seguros todas as precipitações e vazões atuantes junto ao corpo estradal. O projeto será desenvolvido com base no Estudo Hidrológico.

Dentro desse contexto, apresentam-se individualmente os tipos de obras de drenagem propostos para a realização deste projeto, no que tange as características e dimensionamento dos mesmos.

A drenagem é prevista nas ruas ou segmentos destas que não possuam nenhum dispositivo de drenagem. É também prevista a substituição de drenagem nos locais onde é se comprova que a capacidade seja insuficiente, ou por algum motivo as sarjetas, galerias, bocas de lobo estejam danificadas ou obstruídas.

### **3.2.2. Instrumentos normativos utilizados**

Os serviços previstos deverão ser executados obedecendo primeiramente as indicações particulares do projeto e, quando cabíveis, as especificações gerais do DNIT (disponíveis para download no site <<<http://ipr.dnit.gov.br/>>>), em especial as relacionadas a seguir:

- DNIT 015/2006- ES - Drenagem - Dreno subterrâneo;
- DNIT 018/2006- ES - Drenagem - Sarjetas e valetas de drenagem;
- DNIT 019/2004- ES – Drenagem - Transposição de sarjetas e valetas;
- DNIT 020/2006- ES - Drenagem - Meios-fios e guias;
- DNIT 021/2004- ES – Drenagem - Entradas e descidas d'água;
- DNIT 022/2006- ES - Drenagem - Dissipadores de energia;
- DNIT 023/2006- ES - Drenagem – Bueiros tubulares de concreto;
- DNIT 026/2004- ES - Drenagem - Caixas coletoras;
- DNIT 027/2004- ES - Drenagem – Demolição de dispositivos de concreto;
- DNIT 028/2004- ES - Drenagem – Limpeza e desobstrução de dispositivos de drenagem ;
- DNIT 030/2004- ES - Drenagem – Dispositivos de drenagem pluvial urbana.

### **3.2.3. Drenagem de plataforma**

O projeto de drenagem será desenvolvido com os dados obtidos dos Estudos Hidrológicos, compreendendo o dimensionamento, a verificação hidráulica, a funcionalidade e o posicionamento dos diversos dispositivos.

Os dispositivos de drenagem têm como objetivo, captar e conduzir para local adequado toda a água que sob qualquer forma venha a atingir o corpo estradal. Abaixo seguem os dispositivos a serem utilizados no projeto em estudo:

- Dreno subterrâneo;
- Sarjetas;
- Valetas;
- Transposição de sarjetas e valetas;
- Meios-fios e guias;
- Entradas e descidas d'água;
- Dissipadores de energia;
- Caixas coletoras;
- Dispositivos de drenagem pluvial urbana;
- [http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit020\\_2006\\_es.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit020_2006_es.pdf)Obra de arte corrente.

#### **3.2.4. Dreno subterrâneo**

A função dos drenos longitudinais é receber as águas drenadas pela base drenante, conduzindo-as longitudinalmente até o local de deságue.

Os drenos longitudinais são localizados abaixo da face superior da camada drenante e de modo que possam receber todas as suas águas. Forma e dimensões A forma do dreno longitudinal é a de um retângulo, com a face superior localizada no prolongamento da face superior da base drenante.

Emprega-se para o dimensionamento da seção de vazão desejada, a fórmula de Darcy, para escoamento de água em meios porosos. Os comprimentos dos drenos longitudinais estão correlacionados com as distâncias que devem guardar entre si as saídas d'água laterais do deságue de alívio dos referidos drenos. Estas distâncias ou comprimentos críticos, por sua vez, são o resultado da divisão da capacidade de vazão do dreno pela descarga unitária da base drenante. Após os estudos geotécnicos avaliar a presença de NA no segmento e indicar colchão

#### **3.2.5. Sarjeta**

As sarjetas têm como objetivo captar e conduzir longitudinalmente à rodovia as águas que precipitam sobre a plataforma e taludes de corte, impedindo que provoque erosões na borda do acostamento ou no talude até a transição entre o corte e o aterro, de forma a permitir a saída lateral para o terreno natural.



### **3.2.6. Valeta**

As valetas de proteção de cortes e aterros são utilizadas como proteção do terrapleno, quando o terreno inclina-se na direção do mesmo. As valetas de proteção de corte e aterro, com revestimento de concreto, são previstas nos segmentos com relevo acidentado.

### **3.2.7. Transposição de sarjeta e valeta**

Dispositivo destinado a dar acesso às propriedades ou vias laterais à rodovia, permitindo a passagem dos veículos sobre sarjetas, sem causar danos ao dispositivo ou a interrupção do fluxo canalizado.

### **3.2.8. Entradas e descidas d'água**

As entradas d'água são coletores das águas das sarjetas de aterro conduzindo-as para as descidas d'água. São utilizadas quando é atingido o ponto crítico da sarjeta, nos pontos baixos das curvas verticais côncavas e junto às pontes.

As descidas d'água destinam-se ao alívio das canaletas, quando estas excedem a sua capacidade, em banquetas, ou nos casos em que pequenos talwegues desembocam em pontos intermediários de um corte. Normalmente, esses são conectados às caixas coletoras dos bueiros.

As descidas d'água são previstas com a mesma inclinação do talude do corte ou de aterro, e com largura variável, de modo a atenderem às vazões de escoamento previstas.

### **3.2.9. Dissipadores de energia**

São indicados nos pontos terminais das sarjetas e valetas, quando estas deságuam no terreno natural, e nos pontos de descarga das descidas d'água em aterros e bueiros, objetivando a prevenção da ocorrência de erosões.

### **3.2.10. Caixas coletoras**

Podem ser caixas coletoras, caixas de inspeção ou caixas de passagem, fechadas com tampas. As caixas coletoras poderão ser construídas de um lado da pista, dos dois lados da pista e ainda no canteiro central. As caixas coletoras que atendem as galerias por estarem posicionadas próximo às pistas, são geralmente dotadas de tampa em forma de grelha.

As caixas coletoras localizam-se:

- Nas extremidades dos comprimentos críticos das sarjetas de corte, conduzindo as águas para as galerias, que as levará para o deságue apropriado;
- Em qualquer lugar onde se torne necessário captar as águas superficiais;

- As caixas com tampa, em forma de grelha, são indicadas quando tem a finalidade coletora, sendo localizadas em pontos que possam afetar a segurança do tráfego ou se destinem a coletar águas contendo sólidos em volume apreciável e que possam obstruir os bueiros ou coletores.

### 3.2.11. Dispositivos de drenagem pluvial urbana

Onde são projetadas as calçadas, necessita-se promover uma solução viável para o confinamento da água pluvial. Assim sendo, será indicada drenagem pluvial convencional, que se trata de caixa coletora, poço de visita, caixa de passagem, boca de lobo e rede coletora com tubos tubulares ou galerias, conforme a necessidade do local.

As bocas de lobos serão indicadas conforme o dimensionamento do transbordamento do meio-fio com o pavimento e em pontos baixos.

Uma vez que os meios-fios possuem altura de 15 centímetros, considerou-se, para efeito de cálculo, que a lâmina admissível na banquetta de condução formada será de 7,0 centímetros para que não ocorra transbordamento. De posse de dados sobre declividade, rugosidade e comprimento de uma banquetta, calcula-se a vazão máxima que a mesma pode transportar para esta lâmina. Abaixo segue o roteiro para facilitar os cálculos:

- Identificação do trecho;
- Intensidade pluviométrica;
- Comprimento do trecho;
- Cotas de montante e jusante (m);
- Declividade da sarjeta no trecho;
- Declividade do talude do canal triangular formado pela sarjeta  $Z$  (m/m);
- Declividade transversal do trecho, correspondente ao perfil da rua  $Z$  (m/m);
- Coeficiente de rugosidade de Manning para a sarjeta, para concreto  $n=0,015$ ;
- Lâmina da água na sarjeta  $y_0=0,07$  m.

Para a determinação do comprimento crítico das sarjetas, considerar a bacia de contribuição de sarjeta como sendo um paralelepípedo de altura igual à Precipitação Pluvial ( $P$ ) com Largura de Implúvio ( $L$ ) e Comprimento Crítico ( $d$ ).

Para o cálculo das vazões a partir das precipitações, obtidas no estudo hidrológico, se utiliza a fórmula do Método Racional.

$$Q = \frac{C * I * S}{3,6}$$

Onde:

- Q= vazão (m<sup>3</sup>/s)
- C = coeficiente de escoamento (adimensional)
- I = intensidade (mm/h)
- S = superfície (Km<sup>2</sup>)

Para a verificação dos dispositivos de drenagem, se utiliza a fórmula de Manning, mostrada a seguir:

$$Q = \frac{A_h \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Onde:

- Q = vazão conduzida pela calha ou evacuado pelo coletor
- Ah = área de da seção transversal molhada
- Rh = raio hidráulico
- I = declividade
- n = coeficiente de rugosidade de Manning.

O valor do coeficiente de rugosidade de Manning (n) depende do material que é construído a calha ou o coletor. O raio hidráulico (Rh) depende da altura da lâmina de água no interior do elemento analisado.

$$R_h = \frac{A_h}{P_m}$$

Onde:

Ah = área da seção transversal molhada

Pm = perímetro molhado.

Por outro lado, tem-se que evitar que o movimento da água produza erosões nas sarjetas. Por esse motivo, a velocidade média da água na sarjeta e no coletor deve ser inferior a 6,5m/s. A velocidade média da água é igual a:

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

Onde:

Q = vazão;

A<sub>h</sub> = área molhada.

### 3.3. Obra-de-Arte Corrente

As obras-de-arte correntes serão dimensionadas para operar como canal, com o tempo de recorrência de 15 anos (bueiros tubulares) e 25 anos (bueiros celulares) e para operar como orifício com o tempo de recorrência de 25 anos (bueiros tubulares) e 50 anos (bueiros celulares).

No dimensionamento serão utilizados tabelas e ábacos elaborados pelo "U.S. Bureau of Public Roads".

Será inspecionado para o projeto todas as obras existentes avaliando quanto a seu funcionamento, estado de conservação e suficiência de vazão.

O dimensionamento hidráulico das obras-de-arte correntes terá como base as vazões calculadas para todas as bacias hidrográficas interceptadas pelo traçado, com dados fornecidos pelos Estudos Hidrológicos.

Considerar para o estudo das redes projetadas os seguintes critérios:

- Coeficiente de rugosidade: 0,015;
- Velocidade máxima para bueiros tubulares: 8,0 m/s (sistema de microdrenagem – SUDECAP);
- Velocidade mínima para bueiros tubulares: 0,75 m/s (sistema de microdrenagem – SUDECAP);
- Velocidade máxima para bueiros celulares: 12,0 m/s (sistema de microdrenagem – SUDECAP);
- Velocidade mínima para bueiros celulares: 0,75 m/s (sistema de microdrenagem – SUDECAP);
- Altura máxima da linha d'água dentro das redes coletoras: 80% da seção de vazão;
- Espaçamento máximo entre PVs: Ø0,60m = 100m, Ø0,80m = 120m, Ø1,00m = 120m, Ø1,20m = 150m e Ø1,50m = 200m.

## **4. PROJETO PRELIMINAR DE PAVIMENTAÇÃO**

### **4.1. Objetivo**

O objetivo deste trabalho é realizar uma Análise de Viabilidade para definição do tipo de pavimentação para o reforço do pavimento existente das faixas de tráfego que serão destinadas ao tráfego exclusivo de ônibus articulado (BRT).

Neste estudo serão abordadas duas alternativas estudadas para o reforço do pavimento. As alternativas a serem comparadas são:

- Alternativa 1 – Pavimento rígido em placas de concreto;
- Alternativa 2 – Pavimento flexível com CBUQ com asfalto modificado com polímero.

### **4.2. Estrutura do Pavimento Definida no Projeto Básico**

O Projeto Básico de Engenharia de Transporte Coletivo, elaborado pela IDP Engenharia, Meio Ambiente e Arquitetura, propõe no item 8 – Projeto de Pavimentação, pavimento rígido, para as faixas BRT destinadas exclusivamente ao tráfego de ônibus articulados, através da execução de uma placa de concreto sobre o pavimento flexível existente, conhecida como whitetopping, que foi justificada em função das referidas faixas estarem submetidas ao tráfego pesado canalizado, sujeitas a frenagem e aceleração e o tipo de solução indicada apresentar menores deformações permanentes.

De acordo com o projeto, a técnica indicada, além de aproveitar toda a estrutura do pavimento existente, tem expectativa de alcançar vida útil de serviço em 30 anos e apresenta as seguintes vantagens:

- As camadas inferiores ficam sujeitas a esforços reduzidos em comparação a um pavimento asfáltico;
- Menor custo de manutenção;
- Baixo consumo energético com iluminação pública;
- Alta produtividade de execução;
- Redução da temperatura ambiente.

Antes da execução do whitetopping, foram definidas as intervenções prévias requeridas no pavimento asfáltico existente, em função do tipo do defeito, conforme figura extraída do relatório e apresentada a seguir.

Tabela 25 – Intervenções Prévias

Tipo de defeito	Preparo prévio requerido
Trilha de roda > 50 mm	Fretagem ou nivelamento
Trilha de roda < 50 mm	Nenhum
Panelas	Enchimento
Falha de subleito	Remoção/Reperação
Trincas em geral	Nenhum
Exsudação	Nenhum
Desagregação superficial	Limpeza

No dimensionamento do whitetopping, foi considerado que os veículos que irão trafegar nas faixas BRT serão ônibus convencional e ônibus articulado que acarretarão, no período de 30 anos, os seguintes números de “N” de repetições do eixo padrão de 8,2 t:

- Linha Amarela –  $N = 5,86 \times 10^6$ ;
- Linha Verde -  $N = 5,86 \times 10^6$ ;
- Linha Azul -  $N = 6,25 \times 10^6$ ;
- Linha Vermelha –  $N = 2,63 \times 10^6$ ;
- Linha Laranja –  $N = 3,02 \times 10^6$ .

Portanto, foi dimensionada uma placa de concreto de cimento Portland com espessura de 15 cm, resistência de tração na flexão de 5,5 Mpa, juntas transversais espaçadas a cada 6 metros, sem barras de transferência de carga e juntas longitudinais.

#### 4.3. Alternativa Proposta

Em função dos números de “N” de repetições do eixo padrão de 8,2 t, adotados no dimensionamento do pavimento da placa de concreto para período de projeto de 30 anos, serem da ordem de  $10^6$ , que são usualmente classificados como tráfego “meio pesado”, é proposta uma alternativa de reforço da estrutura do pavimento em revestimento flexível com asfalto modificado por polímero que melhora a qualidade dos asfaltos e aumenta a vida útil do pavimento flexível.

A adição de polímeros nos ligantes asfálticos proporciona uma modificação estrutural a nível molecular, obtendo um produto homogêneo, estável termicamente e que supere as limitações dos asfaltos tradicionais. Esta modificação proporciona as seguintes vantagens nas propriedades reológicas dos asfaltos:

- Menor suscetibilidade a oxidação;
- Aumento do ponto de amolecimento e da viscosidade e menor penetração;
- Aumento do comportamento elástico e redução do fluxo viscoso;

- Aumento da ductibilidade e do ponto de ruptura às baixas temperaturas.

Estas características incorporadas implicam diretamente em benefícios às misturas asfálticas, tais como:

- Redução na suscetibilidade térmica das misturas betuminosas;
- Aumento da flexibilidade e elasticidade às baixas temperaturas;
- Melhoria da resistência à fluência, trincas e deformações permanentes a altas temperaturas;
- Aumento do módulo de rigidez a altas temperaturas;
- Aumento da resistência à tração;
- Aumento das forças de adesão e coesão do sistema agregado ligante;
- Maior resistência ao desgaste, aceleração, frenagem e ao envelhecimento da mistura;
- Os asfaltos com polímeros podem ser usados em todas as massas asfálticas

Em função do não conhecimento das condições funcionais e estruturais do pavimento existente, e para efeito de análise de viabilidade entre duas alternativas, está sendo considerado que o revestimento existente apresenta as seguintes características:

- Flecha na trilha de roda menor que 50 mm;
- Ausência de afundamentos, panelas e remendos;
- Moderada frequência de trincas classes 2 e 3;
- Deflexão características maior que a deflexão admissível, para cada Número N de repetições do eixo padrão, que necessite uma camada de reforço.

Para a estimativa da espessura de reforço, foram consideradas as espessuras mínimas de camada betuminosa, definidas no Método de Dimensionamento de Pavimento do DNIT, sendo adotadas as seguintes espessuras:

- Linha Amarela –  $N = 5,86 \times 10^6$  – Espessura = 7,5 cm;
- Linha Verde -  $N = 5,86 \times 10^6$  – Espessura = 7,5 cm;
- Linha Azul -  $N = 6,25 \times 10^6$  – Espessura = 7,5 cm;
- Linha Vermelha –  $N = 2,63 \times 10^6$  – Espessura = 5,0 cm;
- Linha Laranja –  $N = 3,02 \times 10^6$  – Espessura = 5,0 cm.

Para garantir um bom desempenho ao pavimento restaurado, está sendo considerado que as trincas de classes 2 e 3 serão eliminadas por fresagem e que haverá uma camada de bloqueios de trincas em tratamento superficial duplo com asfalto modificado por polímeros, antes da execução do reforço em concreto betuminoso usinado a quente, também com asfalto modificado por polímeros.

#### **4.3.1. Projeto de Pavimentação Elaborado**

O Projeto de Pavimentação das vias de acesso ao Viaduto de Itaguaí foi desenvolvido visando à concepção e o dimensionamento da estrutura do pavimento novo (espessura das camadas constituintes, natureza e origem dos materiais a serem empregados), destinadas, econômica e simultaneamente, em seu conjunto a:

- Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- Melhorar as condições de segurança quanto à comodidade e segurança;
- Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

O projeto foi elaborado com base nas seguintes definições/considerações:

- Parâmetro de tráfego utilizado nos métodos de dimensionamento empregados (Número "N" de repetições do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 t;
- Definição da capacidade de suporte mínima dos materiais que deverão constituir a camada de fundação (subleito) das vias;
- Seleção dos materiais a serem empregados nas camadas granulares do pavimento.

#### **Metodologia**

O dimensionamento do pavimento foi efetuado seguindo-se o método de dimensionamento de pavimentos do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (Ex DNER) - "Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis", de autoria do Engenheiro Murillo Lopes de Souza e também pelo "Método da Resiliência", de autoria dos Engenheiros Ernesto Simões Preussler e Salomão Pinto, também conhecido como TECNAPAV. Ambos os métodos estão apresentados no Manual de Pavimentação do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura, edição de 2006.

#### **Parâmetros de Projeto**

- ISC do Subleito

O ISC do subleito foi definido em 9%.

- Número N

Esse parâmetro indica a estimativa da solicitação do pavimento da via de acesso ao empreendimento, a partir da repetição de um eixo padrão de 8,2tf, conforme recomenda a metodologia adotada pelo DNIT.

Para a estimativa da solicitação de tráfego dos pavimentos, expressa pelo Número "N" de repetições do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 t, foram adotadas, como referência, as orientações e critérios estabelecidos pela Prefeitura Municipal de São Paulo (IP-02 - "Classificação das Vias").



Em tal instrução de projeto as vias urbanas são classificadas, para fins de dimensionamento de pavimento, de acordo com o tráfego previsto, nos seguintes tipos:

- Tráfego leve: ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um Número "N" típico de 105 para período de projeto de 10 anos;
- Tráfego médio: ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um Número "N" típico de 5 x 105 para período de projeto de 10 anos;
- Tráfego médio pesado: ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um Número "N" típico de 2 x 106 para período de projeto de 10 anos;
- Tráfego pesado: ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 301 a 1.000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um Número "N" típico de 2 x 107 para período de projeto de 12 anos;
- Tráfego muito pesado: ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 1.001 a 2.000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um Número "N" típico de 5 x 107 para período de projeto de 12 anos;
- Faixa exclusiva de ônibus: vias para as quais é prevista, quase que exclusivamente, a passagem de ônibus e veículos comerciais (em número reduzido), podendo ser classificadas em:
  - Faixa exclusiva de ônibus com volume médio: onde é prevista a passagem de ônibus em número não superior a 500 por dia, na faixa "exclusiva" de tráfego, caracterizado por um Número "N" típico de 107 para período de projeto de 12 anos;
  - Faixa exclusiva de ônibus com volume elevado: onde é prevista a passagem de ônibus em número superior a 500 por dia, na faixa "exclusiva" de tráfego, caracterizado por um Número "N" típico de 5 x 107 para período de projeto de 12 anos.

A tabela a seguir sintetiza os parâmetros adotados para a classificação das vias e Número "N" típicos utilizados pela Prefeitura Municipal de São Paulo:

**Tabela 26 – Parâmetros Típicos Utilizados pela Prefeitura de São Paulo**

FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	PERÍODO DE PROJETO (ANOS)	VMD INICIAL NA FAIXA MAIS CARREGADA		NÚMERO "N" (nota 1)	NÚMERO "N" CARACTERÍSTICO (ver nota 3)
			Veículos Leves	Ônibus e Caminhões		
Via local residencial	Leve	10	100 a 400	4 a 20	$2,7 \times 10^4$ a $1,4 \times 10^5$	$10^5$
Via coletora secundária	Médio	10	401 a 1.500	21 a 100	$1,4 \times 10^5$ a $6,8 \times 10^5$	$5 \times 10^5$
Via coletora principal	Meio pesado	10	1.501 a 5.000	101 a 300	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
Via arterial	<b>Pesado</b>	<b>12</b>	<b>5.001 a 10.000</b>	<b>301 a 1.000</b>	<b><math>1,0 \times 10^7</math> a <math>3,3 \times 10^7</math></b>	<b><math>2 \times 10^7</math></b>
Via arterial principal ou expressa	Muito pesado	12	> 10.000	1.001 a 2.000	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	$5 \times 10^7$
Faixa exclusiva de ônibus	Volume médio	12	–	< 500	$3 \times 10^6$	$10^7$ (nota 2)
	Volume pesado	12	–	> 500	$5 \times 10^7$	$5 \times 10^7$

**Notas:** 1) Projeção do tráfego com taxa de crescimento geométrico correspondente a 5% ao ano.

2) Majorado em função do tráfego (excesso de frenagens e partidas).

3) Número "N" estimado com os fatores de veículos (FV) do USACE.

Para o presente projeto, as solicitações de tráfego foram reavaliadas com base em observações das características/composições do tráfego (eminente urbano, com participação do tráfego comercial de caminhões, concluindo-se pela adoção do Número "N" de repetições do eixo padrão de 8,2 t =  $2,0 \times 10^7$ ).

#### **Dimensionamento do Pavimento - Método da Resiliência**

O método consiste na determinação pelo critério da fadiga a deflexão admissível para o revestimento projetado, em função do número "N" de solicitações previstas e da classificação do solo do subleito quanto à resiliência.

As etapas da verificação do dimensionamento são as seguintes:

- Etapa 1 - Definir o número de operações do eixo padrão de 8,2 t para o período de projeto considerado (mesmo critério do Método do DNIT);
- Etapa 2 - Determinar o valor do ISC do subleito de projeto, obtidos a partir de análise dos resultados dos ensaios de laboratório (mesmo critério do Método do DNIT);
- Etapa 3 - Classificar o solo do subleito quanto à resiliência: solo tipo I, solo tipo II e solo tipo III;
- Etapa 4 - Determinar a espessura equivalente do pavimento (Ht), a partir do ISC do subleito e do número "N";

- Etapa 5 - Calcular a deflexão prevista na superfície do revestimento -  $D = D_p$ ;
- Etapa 6 - Determinar a espessura mínima do revestimento betuminoso -  $H_{cb}$ .

Da aplicação da citada metodologia, observou-se a necessidade da espessura mínima de 9,0 cm de camada betuminosa.

### **Dimensionamento do Pavimento - Método do DNIT**

O Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis – DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (Ex. DNER), edição de 2006, de autoria do Engenheiro Murilo Lopes de Souza baseia-se no “Design of Flexible Paviments Considering Mixed Loads and Trafics Volume”, de autoria do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA.

Trata-se de método empírico que se fundamenta na capacidade de suporte do subleito, traduzida pelos ensaios de ISC dos seus materiais constituintes e pelo tráfego em termos de número equivalente de operações de um determinado eixo padrão que é fixado em 8,2t. As diversas camadas que irão constituir o pavimento são então dimensionadas de forma a proteger o subleito e resistirem à atuação das cargas dinâmicas causadas pelo tráfego.

Previamente à execução do dimensionamento foram definidos os materiais disponíveis para emprego nas camadas do pavimento e estipulados os seus coeficientes de equivalência estrutural, sendo:

- Sub-base de solo estabilizado granulometricamente:  $K= 1,0$ ;
- Base de Base de Solo-Cimento ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 Mpa:  $K=1,7$ ;
- Revestimento em Concreto Betuminoso (CBUQ):  $K=2,0$ .

Com base nos parâmetros de dimensionamento estabelecidos no item anterior, ábaco do método de dimensionamento e a partir da inequação

$$\sum_1^n K_n \cdot E_n \geq H_{(n+1)}$$

Onde:

- $K_n$  = coeficiente estrutural do material da camada de ordem  $n$ ;
- $E_n$  = espessura da camada de ordem  $n$ ;
- $H_{(n+1)}$  = espessura total do pavimento acima da camada de ordem  $(n+1)$ , calculada em função do Número “ $N$ ” e do ISC da camada de ordem  $(n+1)$ , tem-se:

A espessura mínima do revestimento betuminoso (concreto betuminoso) recomendada pelo "Método do DNER" (2006) é de:

- $e = 5,0$  cm para  $10^6 < N \leq 5 \times 10^6$ ;
- $e = 7,5$  cm para  $5 \times 10^6 < N \leq 10^7$ ;
- $e = 10,0$  cm para  $10^7 < N \leq 5 \times 10^7$ ;
- $e = 12,5$  cm para  $N > 5 \times 10^7$ .

Da aplicação com o método citado, observou-se a necessidade da espessura mínima de camada betuminosa de 10,0 cm, sendo a espessura mínima adotada.

De acordo com a Instrução da Prefeitura Municipal de São Paulo IP-05/2004 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis Tráfego Meio Pesado, Pesado, Muito Pesado e Faixa Exclusiva de Ônibus, as espessuras mínimas e o tipo de material a serem indicados para as camadas de base e sub-base são descritas no quadro a seguir:

**Tabela 27 – Espessuras Mínimas**

TRÁFEGO	N	BASE		SUB-BASE	
		MATERIAL	ESPESSURA MÍNIMA (cm)	MATERIAL	ESPESSURA MÍNIMA (cm)
<b>Meio Pesado</b>	$2 \times 10^6$	Granular	15,0	Granular	10,0
		Granular Tratado com cimento	15,0		
Pesado	$2 \times 10^7$	<b>Granular Tratado com cimento</b>	<b>15,0</b>	<b>Granular</b>	<b>10,0</b>
<b>Muito Pesado</b>	$5 \times 10^7$	Granular Tratado com cimento	20,0	Granular	10,0
<b>Faixa Exclusiva de Ônibus Volume Médio</b>	$10^7$	Granular	15,0	Granular	10,0
		Granular Tratado com cimento	15,0		
<b>Faixa Exclusiva de Ônibus Volume Pesado</b>	$5 \times 10^7$	Granular Tratado com cimento	20,0	Granular	10,0

A adoção de base cimentadas, em vias de tráfego pesado, e para combater à resiliência da Brita Graduada Simples e conseqüentemente, evitar fadiga precoce do pavimento.

As memórias do dimensionamento do pavimento, são apresentadas a seguir.

**DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS NOVOS**

<b>DADOS DE TRÁFEGO</b>	Número "N" de Projeto (USACE)	<b>Np</b>	<b>2,00E+07</b>
	Período de Projeto	<b>P</b>	<b>12 anos</b>

**CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO**

Camada	Materiais constituintes	ISC (%)	Coeficiente
REVESTIMENTO	CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente		KR = 2,0
BASE	BGTC - Brita Graduada Tratada com Cimento	(*)	KB = 1,7
SUB-BASE	BGS - Brita Graduada Simples	> 20	KS = 1,0
REFORÇO			

 (\*) Resistência á compressão aos 7 dias  $\geq$  4,5 Mpa

**APLICAÇÃO DO MÉTODO TECNPAV - Definição da Espessura Mínima de Revestimento**

Tipo de Solo predominante no Subleito	HRB: A-4 S (% de Silte): 40% ISC (%): 9	Classificação do Solo do Subleito quanto a Resiliência			
		<b>Tipo</b>	<b>S (% de Silte)</b>		
		<b>ISC (%)</b>	< 35 %	35 a 65 %	> 65 %
Tipo de Solo do Subleito = (*)	<b>2</b>	> 9	1	2	3
		6 a 9	2	2	3
		2 a 5	3	3	3
Constantes quanto à resiliência:		<b>Tipo</b>	1	2	3
<b>I1 = 1 I2 = 0</b>		<b>I1</b>	0	1	0
		<b>I2</b>	0	0	1
Cálculo da Deflexão Admissível:	$\log D_{adm} = 3,148 - 0,188 \log N_p$	<b>Dadm = 60</b>	(0,01mm)		
Deflexão sobre o Paviment:	$D_p = D_{adm}$	<b>Dp = 60</b>	(0,01mm)		
Espessura Mínima de Revestimento:	$H_{cb} = 807,961/D_p - 5,737 + 0,972 I_1 + 4,101 I_2$	<b>Hcb = 8,8</b>	cm		
		<b>Ht = 46,9</b>	cm		
		<b>Hcg = 26,9</b>	cm		

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE PROJETO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS DO DNER**

Espessura Mínima de Revestimento:	R = 10	cm de CBUQ	Adotado R = 10	cm										
Cálculos das Espessuras:	H20 = 29	cm												
$R \times KR + B \times KB > H_{20}$		$B > 5,2941$ cm	Adotado B = 15	cm										
$R \times KR + B \times KB + h_{20} \times KS > H_n$		$h_{20} > H_n - 45,5$												
$R \times KR + B \times KB + h_{20} \times KS + h_{ref} \times K_{ref} > H_n$														
Seg- mento n°	Entre Estacas		Ext. Km	Solo Class. HRB	ISC %	Hn	Espessuras (cm)							
	Inicial	Final					CBUQ	Base	Sub-base h20		Reforço href		Total	
							R	B	calculado	adotado	calculado	adotado		
	Viaduto Pinheiral				9	48	10,0	15	2	10				

### **Verificação da Estrutura pela Análise Mecânica**

Para a verificação da estrutura dimensionada, foram feitas avaliações de pontos de interesse em cada camada sujeita ao fenômeno da fadiga, através da verificação das tensões e deformações principais atuantes nas interfaces das camadas da estrutura sob a ação das cargas do tráfego, consideradas as características resilientes dos materiais constituintes das camadas do corpo e do revestimento do pavimento e, ainda, dos materiais do subleito, avaliando-se principalmente:

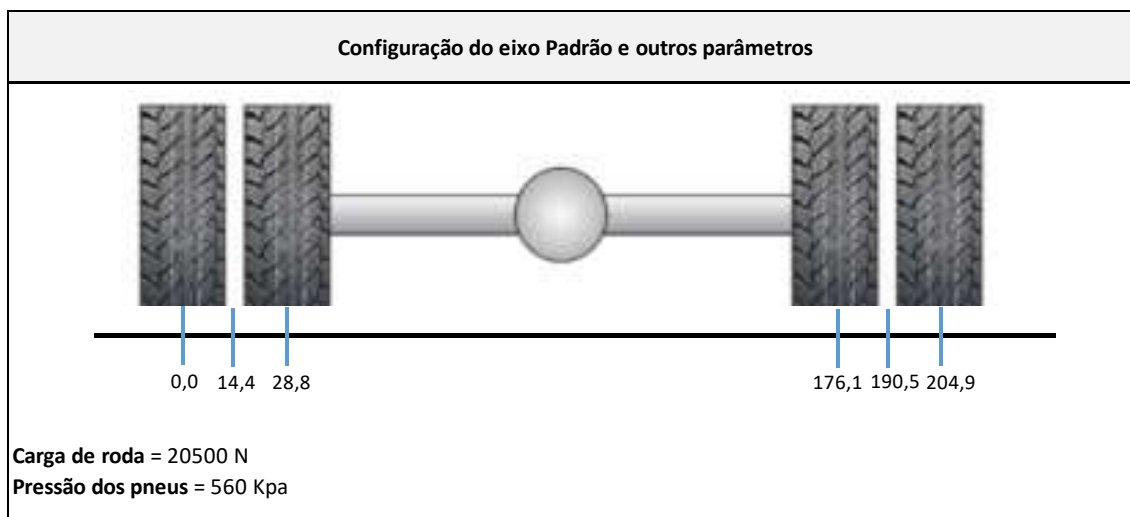
- Deformação específica de tração na camada do revestimento betuminoso;
- Tensão de tração na camada de base estabilizadas por adição de cimento;
- Deformação específica e a tensão de compressão no subleito.

Foi utilizado o programa computacional EVERSTRESS – Layered Elastic Analysis, que determina as tensões, deformações e deslocamentos em um sistema de camadas elásticas abaixo da superfície de cargas circulares.

O programa analisa estruturas contendo no máximo 5 (cinco) camadas, 20 (vinte) cargas e 50 (cinquenta) pontos de avaliação, tendo de ser alimentado com a espessura das camadas, o coeficiente de Poisson, os módulos e os pontos que se quer analisar.

Para a avaliação das tensões e deformações foram considerados os seguintes parâmetros de carga atuante, módulos de resiliência e coeficientes de poisson, descritos a seguir.

Como carregamento atuante sobre o pavimento foi considerado o eixo padrão rodoviário (eixo simples de rodas duplas) com 8,2 t de carga, representado por 4 cargas circulares de 20.500 N cada, com uma pressão de contato pneu-pavimento de 560 Kpa, resultando em um círculo carregado com raio de 10,795 cm, conforme configuração apresentada a seguir.



**Figura 17 – Carregamento Atuante sobre o Pavimento**

Foram considerados os seguintes valores para os módulos resilientes dos materiais constituintes das camadas do pavimento:

- Revestimento (CBUQ): MR = 3.500 MPa;
- Base (brita graduada tratada com cimento - BGTC): MR = 1.500 MPa
- Sub-base (brita graduada simples - BGs): MR = 100 MPa;
- Subleito: MR = 74 Mpa.

Para o dimensionamento, com base em análise mecânica, das estruturas dos pavimentos novos foram adotados os seguintes valores para os coeficientes de Poisson dos materiais:

- Revestimento (CBUQ):  $\mu = 0,35$ ;
- Base (brita graduada melhorada com simples - BGTC):  $\mu = 0,25$ ;
- Sub-base (brita graduada simples - BGS):  $\mu = 0,35$ ;
- Subleito:  $\mu = 0,40$ .

Assim, foi montado um plano fatorial com a combinação de espessuras para as camadas do revestimento betuminoso (CBUQ) e do corpo do pavimento (base e sub-base), adotando-se valores de espessura do revestimento betuminoso compatíveis com a solicitação de tráfego (Número "N").

As tensões e deformações de maior importância geradas nas estruturas dos pavimentos, quais sejam, as de tração na flexão na face inferior da camada do revestimento betuminoso e da camada cimentada (sub-



base), bem como as de compressão no topo do subleito, obtidas com o auxílio do programa EVERSTRESS foram confrontadas com as tensões e deformações máximas admissíveis, com base em estudos de fadiga de misturas betuminosas, misturas cimentadas e solos constantes da bibliografia técnica, conforme descrito a seguir:.

Foram adotados os seguintes Critérios de Fadiga, para o cálculo dos valores admissíveis.

- Fadiga das camadas de revestimento,

A Deformação Limite horizontal de Tração  $\epsilon_t$  - na fibra inferior do CBUQ, foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$N = K \times \left( \frac{1}{\epsilon_t} \right)^n$$

onde:

- N - número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 82 kN acumulado para o período de projeto (do critério de equivalência da AASHTO);
- $\epsilon_t$  - deformação específica horizontal na tração;
- K e n - coeficientes dos Modelos de Fadiga obtidos em ensaios de laboratório por vários autores e organismos rodoviários.

Equação	k	n
FHWA (1976)	1,092E-06	3,512
<b>Asphalt Institute (1976)</b>	2,961E-05	3,291
Barker, Brabson & Chou	9,70E-10	4,03
Pinto & Preussler	2,85E-07	3,69

Foi adotada a Deformação Limite de Tração definida pela equação do Asphalt Institute (1976).

- Acúmulo de deformações permanentes no topo do subleito

A Deformação Limite Vertical de Compressão  $\epsilon_v$  - no topo do subleito, foi calculada através da seguinte equação:

$$N = K \times \left( \frac{1}{\epsilon_v} \right)^n$$

onde:

- N - número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 82 kN acumulado para o período de projeto (do critério de equivalência do USACE);
- $\epsilon_v$  - deformação específica vertical de compressão no topo do subleito.
- K e n - coeficientes dos modelos obtidos em ensaios de laboratório por vários autores e organismos rodoviários.

Equação	k	n
<b>Dormon &amp; Metcalf (1965)</b>	6,069E-10	4,762
Shell (Claessen et all)	1,05E-07	4
Asphalt Institute (Santucci)	1,34E-09	4,484

A Deformação Limite vertical de Compressão foi calculada pelo modelo de Dormon e Metcalf (1965).

- Deflexão Máxima sobre o revestimento

Definir a Deflexão Limite ou Admissível (0,01 mm), com base no Procedimento DNER-PRO 11/79, com emprego da expressão:

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \log N$$

onde:

- $D_{adm}$  – deflexão admissível (0,01 mm);
- N - número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 82 kN acumulado para o período de projeto (do critério de equivalência do USACE).

- Fadiga de misturas cimentadas

A Tensão de Tração na flexão Limite na fibra inferior das camadas cimentadas foi definida pela equação proposta por Balbo (1993):

$$N = 10^{\left( 17,1373 - 19,6078 * \left( \frac{\sigma_t}{\sigma_r} \right) \right)}$$

onde:

- N - número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 82 kN acumulado para o período de projeto (do critério de equivalência do USACE);

- $\sigma_t$  = tensão de tração na flexão limite ou admissível ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ );
- $\sigma_r$  = tensão de tração na flexão na ruptura do material, considerando de  $\sigma_r$  = tensão de tração na flexão na ruptura do material:
  - $8 \text{ kgf}/\text{cm}^2$  para a camada de brita tratada com cimento – BGTC ou Solo-cimento;

- Valores Admissíveis e Resultados Obtidos

Aplicando-se os critérios mencionados, apresentam-se a seguir os valores admissíveis e os quadros contendo os resultados obtidos no estudo das tensões e deformações atuantes nas interfaces das camadas, inclusive os deslocamentos (deflexão máxima na superfície do revestimento), sendo adotados os seguintes números N:

- $N_{USACE} = 2,0 \times 10^7$ ;
- $N_{AASHTO} = 8,87 \times 10^6$  (Estimado).

<b>VALORES ADMISSÍVEIS</b>				
1	<p>Deformação Limite horizontal de Tração <math>\epsilon_t</math> - na fibra inferior do CBUQ</p> <p style="text-align: center;">Instituto do Asfalto <math>\epsilon_t = (k/N)^{(1/n)}</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>k = 2,961E-05</math></td> <td style="text-align: center;"><math>n = 3,291</math></td> </tr> </table> <p>Período de Projeto : 12 anos</p> <p>N (AASHTO) <span style="float: right;"><table border="1" style="border-collapse: collapse;"><tr><td style="text-align: center;">8,87E+06</td></tr></table></span></p> <p style="text-align: center;"><math>\epsilon_t</math> <span style="float: right;">3,26E-04</span></p>	$k = 2,961E-05$	$n = 3,291$	8,87E+06
$k = 2,961E-05$	$n = 3,291$			
8,87E+06				
2	<p>Acúmulo de deformações permanentes no topo do subleito</p> <p style="text-align: center;">Dormon &amp; Metcalf <math>\epsilon_t = (k/N)^{(1/n)}</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>k = 6,069E-10</math></td> <td style="text-align: center;"><math>n = 4,762</math></td> </tr> </table> <p>Período de Projeto : 12 anos</p> <p>N (USACE) <span style="float: right;">2,00E+07</span></p> <p style="text-align: center;"><math>\epsilon_v</math> <span style="float: right;"><b>3,40E-04</b></span></p>	$k = 6,069E-10$	$n = 4,762$	
$k = 6,069E-10$	$n = 4,762$			
3	<p>Deflexão máxima no topo do revestimento</p> <p>DNER-PRO 11/79 <math>\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \log N</math></p> <p>Período de Projeto : 12 anos</p> <p>N (USACE) <span style="float: right;">2,00E+07</span></p> <p style="text-align: center;"><math>D_{adm}</math> <span style="float: right;">53,09</span></p>			
4	<p>Tensão de tração na fibra inferior da base em BGMTc</p> <p>Balbo <math>\log(N) = 17,1373 - 19,6078 \times (\sigma_t / \sigma_R) *</math></p> <p style="text-align: center;">ou</p> <p><math>\sigma_t = ((17,1373 - \log(N)) \times 8) / 19,6078</math></p> <p style="text-align: right;">12 anos</p> <p>N (USACE) <span style="float: right;">2,00E+07</span></p> <p><math>\sigma_t</math> (kgf/cm<sup>2</sup>) <span style="float: right;">4,01</span></p> <p><math>\sigma_t</math> (MPa) <span style="float: right;">0,394</span></p> <p style="text-align: center;"><b><math>\sigma_t</math> (kPa) <span style="float: right;">394</span></b></p>			

Como os resultados não atenderam com sub-base com espessura de 10,0 cm, foi efetuada análise com espessura de 15,0 cm, apresentando valores satisfatórios, conforme tabela a seguir.

Resultados Análise Mecanística						CBUQ - 10 cm Base= 15 cm Sub-Base = 10,0 cm		CBUQ - 10 cm Base= 15 cm Sub-Base = 15,0 cm		
	Critérios	Símbolo	Unidade	Coluna Everstress	Vida Útil	Valor Admissível	Valor Previsto	Aceito	Valor Previsto	Aceito
1	Deformação Horizontal de Tração na fibra inferior do CBUQ	$\epsilon_t$	Não há	Exx/Eyy	10 anos	3,26E-04	6,62E-05	Sim	6,58E-05	Sim
2	Acúmulo de deformações permanentes no topo do subleito	$\epsilon_v$	Não há	Ezz	10 anos	3,40E-04	3,92E-04	Não	2,94E-04	Sim
3	Deflexão Máxima sobre o revestimento	$D_{adm}$	mmx10 <sup>-2</sup>	Uz	10 anos	53,09	49,31	Sim	47,27	Sim
4	Tensão de tração na fibra inferior da base de BGTC	$\sigma_t$	kPa	Sxx/Sxy	10 anos	394,00	358,39	Sim	333,17	Sim

As saídas do Programa Everstress são apresentadas no item 7.

#### 4.3.2. Dimensionamento Recomendado

Apresenta-se a seguir o dimensionamento recomendado definido após os cálculos utilizando-se as duas metodologias citadas:

Revestimento em CBUQ - Faixa C (cm) (Nota 1)	Binder em CBUQ - Faixa B (cm) (Nota 2)	Base (cm) (Notas 3 e 4)	Sub-Base (cm) (Nota 5)
5,0	5,0	15,0	15,0

#### Notas:

1- Revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ convencional CAP-5070, faixa "C" da especificação DNIT 031/2006 - ES - "Concreto Asfáltico".

2 - Camada de Binder em Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ convencional CAP-50/70, faixa "B" da especificação DNIT 031/2006 - ES - "Concreto Asfáltico".

3 - Base de brita graduada tratada com cimento (BGTC): teor de cimento de cerca de 4% em relação ao peso da mistura seca ( $\cong 100\text{kg/m}^3$ ) -  $\sigma_c \geq 45 \text{ kgf/cm}^2$  aos 7 (sete) dias de cura (resistência a tração por compressão diametral  $\sigma_t \geq 10 \text{ kgf/cm}^2$  aos 28 (vinte e oito) dias de cura).

4 - Sobre a camada de base estabilizada por adição de cimento (BGTC) será executada camada inibidora/de bloqueio de trincas de retração constituída por micro revestimento asfáltico a frio com emulsão asfáltica modificada por polímero (RC-1C-E), faixa III da ISSA-143 (DNIT 035/2005-ES).

5 - Sub-Base de brita graduada simples.

#### ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DE MATERIAIS E SERVIÇOS

##### Camada de Revestimento e Binder em Concreto Betuminoso Usinado a Quente

O revestimento será executado com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), faixa "C", e deverá ser executado com espessura de 5,0 cm. A camada de binder será executado com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ.), faixa "B", utilizando-se como ligante betuminoso CAP 50/70 e deverá ser executado com espessura de 5,0 cm.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT ES 301/2006.

### **Micro Revestimento Asfáltico a Frio com Emulsão Asfáltica Modificada por Polímero**

A camada inibidora/de bloqueio de trincas de retração da camada de base estabilizada por adição de cimento (Brita Graduada Tratada com Cimento - BGTC) dos pavimentos novos será constituída de micro revestimento asfáltico a frio com emulsão asfáltica modificada por polímero, com adição de cal (material de enchimento/"filler"), faixa III da ISSA-143 (DNIT 035/2005-ES), empregando-se emulsão asfáltica modificada por polímero elastomérico tipo RC-1C-E.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 035/2005-ES - "Micro Revestimento Asfáltico a Frio Com Emulsão Modificada por Polímero".

### **Pintura de Ligação e Pintura de Cura**

A pintura de ligação e a pintura de cura das camadas estabilizadas por adição de cimento (base de brita graduada melhorada com cimento - BGMC e sub-base de brita graduada tratada com cimento - BGTC) dos pavimentos novos deverão empregar como material betuminoso emulsão asfáltica tipo RR-1C, aplicada a uma taxa de cerca de 0,3 a 0,4 l/m<sup>2</sup> de ligante betuminoso residual; a taxa de aplicação da emulsão diluída em água deverá ser de cerca de 1,0 l/m<sup>2</sup>.

Deverá ser confirmada, junto ao Fabricante/Fornecedor, o pH da emulsão asfáltica a ser utilizada na pintura de cura das camadas de base e sub-base estabilizadas por adição de cimento, que não deverá ser inferior a 4,5.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 145/2012-ES - "Pintura de Ligação com Ligante Asfáltico Convencional".

### **Base de Brita Graduada Tratada com Cimento**

A camada de base será constituída, conforme indicações constantes do projeto, de brita graduada estabilizada por adição de cimento com espessura de 15,0 cm e mistura em usina, empregando-

se brita graduada com composição granulométrica enquadrada na faixa "B" da especificação DER-SP ET-DE-P00/009.

A dosagem da mistura brita graduada + cimento para composição da brita graduada tratada com cimento - BGTC deverá ser realizada observando-se que:

- O teor de cimento a ser incorporado deverá ser fixado em função da resistência à compressão simples da mistura aos 7 (sete) dias de cura, sendo estimado em cerca de 4%, em relação ao peso da mistura seca ( $\cong 100\text{kg/m}^3$ );
- A resistência à compressão simples ( $\sigma_c$ ), medida de acordo com o Método DNER-ME 201/94, com corpos-de-prova moldados com a energia de compactação do Proctor modificado (DNER-ME 129/94; Método "C"), deverá ser superior a 45 kgf/cm<sup>2</sup>, aos 7 (sete) dias de cura.

A camada de base de brita graduada tratada com cimento (BGTC) deverá ser compactada com a energia de referência do Proctor modificado.

Todos os serviços deverão seguir a especificação ET-DE-P00/009 - "Sub-base ou Base de Brita Graduada Tratada com Cimento - BGTC", do DER/SP.

#### **Sub-Base de Brita Graduada Simples**

A camada de sub-base será estabilizada granulometricamente com espessura de 10,0 cm e deverá empregar brita graduada e ser compactada com a energia de referência do Proctor modificado.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 139/2010-ES, destacando que a Brita Graduada Simples deverá apresentar as seguintes características:

- $\text{ISC} \geq 20\%$ ;
- $\text{IG} = 0$ ;
- $\text{Expansão} \leq 1,0\%$ .

A fração retida na peneira nº 10 no ensaio de granulometria deve ser constituída de partículas duras, isentas de fragmentos moles, material orgânico ou outras substâncias prejudiciais.

### **Regularização do Subleito**

O subleito de toda a rua deverá ser regularizado e compactado com a energia de referência do Proctor "normal". Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 137/2010-ES.

### **DRENO SUB-SUPERFICIAL**

Em função da indicação da brita graduada é de suma importância a implantação do dreno sub-superficial padrão DNIT – DSS-04, definido no Projeto de Drenagem, visando a proteção do subleito.

### **CONTROLE DEFLECTOMÉTRICO**

Além dos controles rotineiros de qualidade dos serviços de pavimentação recomendam-se, como medida de acompanhamento técnico da execução do pavimento, medidas defletométricas sobre a camada final de terraplenagem e sobre cada camada do pavimento, sobretudo sobre a camada de base acabada, antes da execução do binder e revestimento, admitindo os seguintes valores:

- Sobre a camada de subleito:  $\leq 100 \times 10^{-2}$ mm;
- Sobre a camada de sub-base:  $\leq 80 \times 10^{-2}$ mm;
- Sobre a camada de base:  $\leq 60 \times 10^{-2}$ mm;
- Sobre a camada de binder:  $\leq 55 \times 10^{-2}$ mm;
- Sobre a camada de revestimento:  $\leq 50 \times 10^{-2}$ mm.

O não atendimento das deflexões mencionadas acima poderá comprometer a vida útil do pavimento, pois as cargas de tráfego poderão gerar tensões e deformações superiores às que o pavimento suporta.



## FORNECIMENTO DE BRITA E MASSA ASFÁLTICA

Para fornecimento da brita graduada está sendo indicada a Pedreira Santa Luzia e para fornecimento da massa asfáltica está sendo indicada a Usina Comercial – de propriedade do Grupo Santa Luzia, ambas distantes 17,90 km do Viaduto Itaguaí, conforme figura 1 abaixo.

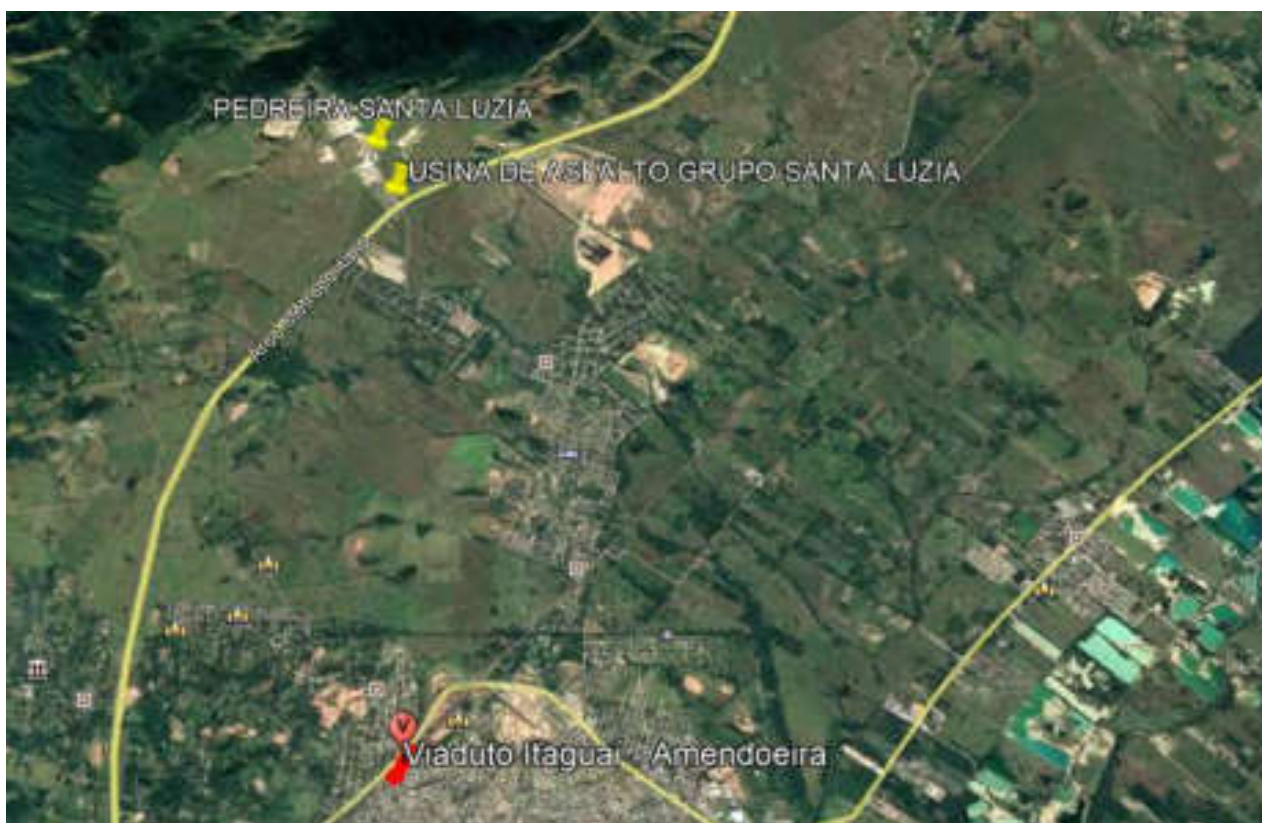


Figura 18 – Localização da Pedreira Santa Luzia e Usina de Asfalto do Grupo Santa Luzia

### 4.4. Manutenção e Conservação

Os estudos comparativos das alternativas resumem-se em comparação entre pavimento flexível e rígido relacionando particularidade para cada opção. Esta comparação permitirá uma avaliação qualitativa e analítica para a escolha da melhor alternativa, inclusive sendo uma base para análises através de um estudo para a definição das intervenções de manutenção do pavimento flexível, para manter bom desempenho funcional e estrutural ao longo dos 30 anos.

Para o pavimento flexível será considerada intervenções de manutenção e conserva através de execução de remendos superficiais e profundos e fresagens para eliminação de eventuais defeitos com recomposição

das áreas fresadas com massa asfáltica. Para a alternativa de pavimento rígido será considerada selagem das juntas a cada 10 anos.

#### **4.5. Comparativos de Custos**

Os demonstrativos das quantidades dos serviços de pavimentação para as duas alternativas estão sendo elaborados para estimativa do custo de cada alternativa.

#### **4.6. Considerações Finais**

A expectativa é que o reforço em pavimento flexível seja a alternativa mais viável tecnicamente, em função do tráfego, previsto para 30 anos, ser médio pesado, não necessitando de intervenções de manutenção e conservação onerosas, além de apresentar menor custo inicial, quando comparado ao pavimento flexível.

A definição exata da intervenção necessária para o reforço do pavimento, de cada alternativa e seus respectivos custos, só será definida na fase de elaboração do Projeto Executivo de Restauração do Pavimento Existente, pois nesta fase, será conhecida a real condição funcional e estrutural do pavimento existente.

## 5. ESTUDO PRELIMINAR DA PONTE

### 5.1. Navegação

O Porto de Itajaí localiza-se no município de Itajaí, litoral norte do estado de Santa Catarina, na margem direita do rio Itajaí-Açu, a 3,2 km de sua foz. Está sob administração da Superintendência do Porto de Itajaí, autarquia municipal vinculada à Prefeitura de Itajaí. O Complexo Portuário de Itajaí é composto pelo Porto Público de Itajaí e por seis Terminais de Uso Privado (TUP) como mostrado a seguir:

- Portonave S.A. Terminais Portuários de Navegantes (TUP Portonave);
- Terminal Portuário Braskarne (TUP Braskarne);
- Trocadeiro Portos e Logística Ltda. (TUP Trocadeiro);
- Poly Terminais S.A. (TUP Poly Terminais);
- Teporti Terminal Portuário de Itajaí S.A. (TUP Teporti);
- Barra do Rio Terminal Portuário S.A. (Terminal Barra do Rio).

O Porto de Itajaí é um porto estuarino que conta com obras de abrigo, molhes e espigões. Os espigões têm como função a regularização da largura do rio, enquanto os molhes têm como função a diminuição da incidência de ondas no canal. A configuração dos molhes, sendo o molhe sul mais proeminente que molhe norte, implica que o transporte de sedimentos se dê no sentido sul-norte.

No que diz respeito à sua localização, o complexo portuário encontra-se lindeiro ao Rio Itajaí-Açu sendo adotado, como convenção, a margem à direita para o contexto público do Porto de Itajaí e alguns terminais de uso privado enquanto à esquerda fica a Portonave.



Figura 19 – Complexo Portuário de Itajaí  
Fonte: Plano Mestre Portuário (2014)

A Figura a seguir ilustra os principais terminais portuários.



Figura 20 – Localização dos Principais Terminais Portuários  
Fonte: PDZ Itajaí 2010

No que tange às cargas mais relevantes no complexo portuário, verifica-se que a movimentação de contêiner representa cerca de 95% de tudo o que se desloca na seção do Rio do Itajaí. Até o ano de 2060, calcula-se que a movimentação de contêineres atinja 2,9 milhões de TEU, crescendo a uma taxa média de 2,1% ao ano ao longo do período projetado. (Plano Mestre, 2016)

A movimentação de passageiros no Rio Itajaí é realizada em um espaço exclusivo no Pier Turístico. O terminal é alfandegado e provido de uma estrutura composta por dolphins de atracação e amarração e também por plataformas de embarque e desembarque (PORTO DE ITAJAÍ, 2011).



**Figura 21 – Pier Turístico**  
Fonte: SNP/MTPA (2018)

O canal de acesso do Porto de Itajaí é dividido em quatro trechos:

- Trecho I: referente ao ponto de alinhamento das boias 1 e 2 até o Farolete nº 10, com 4,2 km de extensão, largura mínima de 160 m e profundidade mínima de 14,5 m.
- Trecho II: entre o Farolete nº 10 e o TUP Braskarne, com 3,3 km de extensão, largura mínima de 130 m e profundidade mínima de 14,0 m.
- Trecho III: entre o TUP Braskarne e o TUP Trocadeiro, com 8 km de extensão, largura mínima de 200 m e profundidade mínima de 10,0 m.
- Trecho IV: entre o TUP Trocadeiro e o TUP Teporti, com 13 km de extensão, largura mínima de 60 m e profundidade mínima de 8,8 m.

A Figura a seguir ilustra os trechos mencionados.



**Figura 22 – Acesso aquaviário ao Complexo Portuário de Itajaí**  
Fonte: Plano Mestre Porto Itajaí (2014)

À DHN, na qualidade de Serviço Hidrográfico Brasileiro, cabe manter, por meio do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), todas as Cartas Náuticas em Águas Jurisdicionais Brasileiras atualizadas. O canal de navegação do Rio Itajaí é apresentado a seguir:



**Figura 23 – Canal de Navegação do Rio Itajaí**  
Fonte: Marinha do Brasil (2013)

As Cartas Náuticas são documentos cartográficos que resultam de levantamentos de áreas oceânicas, mares, baías, rios, canais, lagos, lagoas, ou qualquer outra massa d'água navegável e que se destinam a servir de base à navegação; são geralmente construídas na Projeção de Mercator e representam os acidentes terrestres e submarinos, fornecendo informações sobre profundidades, perigos à navegação (bancos, pedras submersas, cascos soçobrados ou qualquer outro obstáculo à navegação), natureza do fundo, fundeadouros e áreas de fundeio, auxílios à navegação (faróis, faroletes, bóias, balizas, luzes de alinhamento, radiofaróis, etc.), altitudes e pontos notáveis aos navegantes, linha de costa e de contorno das ilhas, elementos de marés, correntes e magnetismo e outras indicações necessárias à segurança da navegação.



**Figura 24 – Carta Náutica do Rio Itajaí**  
Fonte: Marinha do Brasil (2013)



### 5.1.1. Leis e Diretrizes

A Lei Complementar n.º 94, de 22 de dezembro de 2006 (PREFEITURA DE ITAJAÍ, 2006), instituiu o Plano Diretor de Gestão e Desenvolvimento Territorial de Itajaí. A Seção II do Plano Diretor trata das atividades portuárias, das atividades de logística e da construção naval. Conforme o Art. 18 da Seção II, o planejamento do Município de Itajaí deverá levar em consideração a importância e as especificidades das atividades portuárias, das atividades de logística, e da construção naval, como geradoras de renda e desenvolvimento socioeconômico.

No que tange a exploração do Complexo Portuário de Itajaí, a União mediante Convênio de Delegação nº 08 de 01 de dezembro de 1997, transferiu ao Município de Itajaí, pelo prazo de 25 anos renováveis, a administração e exploração do Porto de Itajaí, nos termos da Lei nº 9277 de 10 de maio de 1996, regulamentada pelo Decreto nº 2.184 de 24 de março de 1997, e com as alterações constantes no Decreto nº 2.247 de 6 de junho de 1997, Decreto Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967 e sob a égide da Lei nº 8.630 de 25 de fevereiro de 1993 e sua sucessora a Lei nº 12.815/13.

A exploração comercial do Porto Organizado de Itajaí obedece ao Art. 17, da Lei dos Portos nº 12.815/13, em que prevê a remuneração das facilidades oferecidas por meio da infraestrutura ofertada, associada aos serviços públicos por meio da aplicação de tarifas portuárias e de receitas provenientes de contratos de arrendamento. Esta exploração visa assegurar o equilíbrio econômico financeiro da Administração do Porto Público e da Autoridade Portuária de Itajaí.

No que tange ao contexto do presente estudo, faz-se necessário avaliar as normas e diretrizes legais para que se possa viabilizar a implantação da ponte proposta. Para isso, foi verificada a Norma da Autoridade Marítima da Marinha do Brasil que estabelece os procedimentos para padronizar a solicitação de Parecer para a realização de obras sob, sobre e às margens das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), no que concerne ao ordenamento do espaço aquaviário e à segurança da navegação.



Figura 25 – Norma da Marinha do Brasil para Construção de Pontes



Conforme NORMAM-11/PDC, verifica-se

“...A realização de obras públicas ou particulares (a partir daqui denominadas de “obras”) localizadas sob, sobre e às margens das AJB, dependerá da emissão do Parecer da AM emitido por meio das CP, suas DL e AG subordinadas e não eximirá o interessado das demais obrigações administrativas e legais perante outros Órgãos responsáveis pelo controle da atividade em questão, quando cabível, seja da esfera Federal, Estadual ou Municipal.”

Ainda segundo NORMAM-11/PDC o estabelecimento do vão livre entre pilares e da altura livre (folga sobre o calado aéreo), deverá atender aos seguintes requisitos:

1. Proporcionar um retângulo de navegação compatível com a navegação existente e sua perspectiva de desenvolvimento da navegação na área, independentemente de restrições artificiais existentes (pontes ou outras obras). O retângulo de navegação deverá estar posicionado transversalmente ao canal navegável de modo que as correntes marítimas/fluviais locais existentes incidam longitudinalmente ao costado da embarcação quando passar sob a ponte. O vão livre do retângulo de navegação deverá ser estabelecido a partir da largura dos pilares, abatendo o valor das respectivas dimensões das proteções contra colisões;
2. Considerar a boca e a altura (distância entre o ponto mais alto da embarcação e a sua linha de flutuação) das embarcações de maior porte com seu calado mínimo que trafegam (ou trafegarão) no local;
3. Considerar os níveis das mais altas águas navegáveis quando conhecidos ou os níveis correspondentes aos das enchentes históricas dos últimos 50 (cinquenta) anos, quando a obra pretendida se localizar sobre rio. Esse cálculo deverá ser baseado em dados transpostos de séries hidrológicas existentes para o local ou de postos hidrométricos vizinhos; e
4. Considerar o nível da maré de sizígia, obtido das Tábuas de Marés da DHN, quando a obra pretendida se localizar em águas sujeitas à influência de maré.

Logo, conforme NORMAM-11/DCP, da Marinha do Brasil, para implantação de Pontes sobre águas navegáveis, deve-se observar as condicionantes de navegação para a definição do Retângulo de Navegação e o nível da maré de sizígia.

De forma geral, no que diz respeito às restrições de navegação, atualmente, navios acima de **287 metros** de comprimento somente podem **manobrar à luz do dia**. Tamanho máximo de navios que podem operar no complexo portuário: **310 metros de comprimento**.

Conforme informado na tabela abaixo, os navios que trafegam no trecho de travessia da Ponte (TUP Braskarne e TUP Tepori) possuem restrições de Boca (largura) de até **33 metros**.

**Tabela 28 – Restrições Operacionais do Canal de Acesso do Complexo Portuário de Itajaí**  
**Fonte: Plano Mestre (2014)**

Restrições Operacionais do Canal de Acesso do Complexo Portuário de Itajaí						
Local	Período do dia	Comprimento (m)	Boca (m)	FAQ		
				Canal Externo (trecho I)	Canal Interno (trechos II, III e IV)	Bacia de Evolução
Porto de Itajaí e TUP Portonave	Diurno	Até 250	40	15%	10%	0,6m
	Diurno	250 até 280	41	15%	10%	0,6m
	Diurno	280 até 294	33	15%	10%	0,6m
	Diurno	280 até 306	43	15%	10%	0,6m
	Diurno	Até 306	43 até 48,5	18%	14%	0,14
	Nocturno	Até 250	41	15%	10%	0,6m
	Nocturno	250 até 265	41	15%	10%	10%
	Nocturno	265 até 287	41	15%	10%	10%
TUP Braskem	Diurno	Até 176	33	15%	10%	0,6m
TUP Teportl	Diurno	Até 153	24	15%	10%	0,6m
	Diurno	153 até 179	28	15%	10%	0,6m
	Diurno	179 até 200	32	15%	10%	0,6m

A atual bacia de evolução e canais de acesso impõem restrições ao tamanho dos navios, conforme referido detalhadamente na Resolução n.o 07 da Autoridade Portuária.

Recentemente, a Superintendência do Porto de Itajaí comunica que recebeu no dia 10/09/2019, Ofício 843/2019/Delltajaí-MB da Delegacia da Capitania dos Portos em Itajaí, com as recomendações para revisão dos parâmetros de operação portuária no Complexo Portuário de Itajaí, em resposta ao Ofício nº 459/2019/SURIN, datado de 30 de agosto de 2019, e considerando o Ofício nº 071/2019 – OPE. Praticagem Itajaí, de 5 de setembro de 2019, conforme segue:

#### I – Profundidade dos canais e bacia de evolução:

**Canal externo:** profundidade mínima de **14,10 m**, aplicando a FAQ (folga abaixo da quilha) de 15% do calado do navio;

- a) **Trecho do canal interno:** profundidade mínima de **14,00 m**, aplicando a FAQ de 10% do calado do navio;
- b) **Trecho da bacia de evolução 1:** profundidade mínima de **14,00 m** aplicando a FAQ de 0,60m.
- c) **Trecho da bacia de evolução 2:** profundidade mínima de **14,00 m**.

#### II – Profundidade dos berços dos terminais APM Terminals, Porto Público e Terminal Portonave:

- Berço 1 (APM): **14,00 m**
- Berço 2 (APM): **14,00 m**
- Berço 3 (Porto Público): **14,00 m**
- Berço 4 (Porto Público): **14,00 m**
- Berço 1 (Portonave): **12,70 m**
- Berço 2 (Portonave): **12,70 m**
- Berço 3 (Portonave): **12,30m**

III - Permanecem em vigor os demais parâmetros de operação contidos na resolução nº 06/2016 de 08 de agosto de 2016, conforme o Serviço de Praticagem e Autoridade Marítima, levando em consideração a situação atual na maré zero:

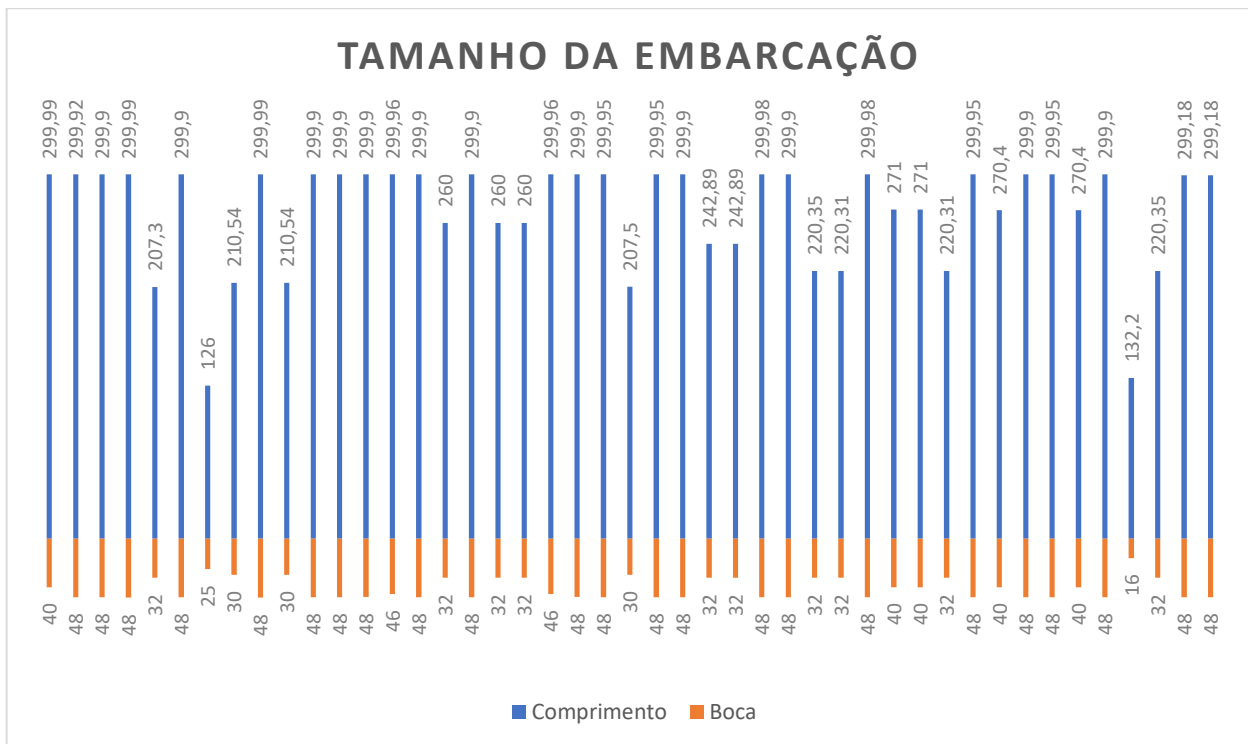
- Portonave 01: **12,10 m** (boca menor que 43,00 m);
- Portonave 02: **12,10 m** (boca menor que 43,00 m);
- Portonave 03: **11,70 m** (boca menor que 43,00 m);
- Portonave 01: **11,95 m** (boca maior que 43,00 m);
- Portonave 02: **11,95 m** (boca maior que 43,00 m);
- Portonave 03: **11,70 m** (boca maior que 43,00 m);
- APMT 01: **12,25 m** (boca menor que 43,00 m);
- APMT 02: **12,25 m** (boca menor que 43,00 m);
- BERÇO 3 **12,25 m** (boca menor que 43,00 m);
- BERÇO 4 **12,25 m** (boca menor que 43,00 m);
- APMT 01: **11,95 m** (boca maior que 43,00 m);
- APMT 02: **11,95 m** (boca maior que 43,00 m);
- BERÇO 03: **11,95 m** (boca maior que 43,00 m);
- BERÇO 04: **11,95 m** (boca maior que 43,00 m);

## 5.2. A Praticagem

A Praticagem marítima é uma atividade baseada no conhecimento dos acidentes e pontos característicos da área onde é desenvolvido. É na fase mais crítica de uma viagem, quando o navio precisa trafegar em uma zona de águas restritas, com características únicas e pouco familiares ao comandante, que o prático se dirige para bordo a fim de auxiliar o navio a manobrar com segurança e eficiência em meio a tráfego intenso e condições ambientais não raro desfavoráveis.

As Praticagens de diversos Portos Nacionais estão organizadas conforme as normas preconizadas pelas instituições IMO - Internacional Maritime Organization, órgão da ONU, através da IMPA - International Maritime Pilots Association, num sistema mundialmente consagrado e adotado pelas principais nações marítimas, no qual sua autonomia é assegurada e a quantidade de profissionais é controlada, sempre sob fiscalização exercida pela autoridade naval responsável pela segurança da navegação.

A Figura a seguir apresenta a movimentação de um dia da Itajaí Práticos que é a empresa responsável pela praticagem dos navios. A coleta foi realizada através do link <http://www.itajaipraticos.com.br/movimentacao-de-navios> no dia 24/10. Como poderá ser visto, o comprimento máximo identificado foi de 300 metros com uma boca máxima de 48 metros que vai de encontro às diretrizes preconizadas pelas normas.



**Figura 26 – Movimentação Praticagem**  
**Fonte: Itajaí Pórticos (24/10/2019)**

### 5.3. Estudo de Referências Topográficas e de Maré

#### 5.3.1. Metodologia

Para a concepção inicial dos trabalhos e definição geométrica da ponte sobre o rio Itajaí localizada em Santa Catarina, foram utilizados os dados iniciais do projeto tomando como referência o levantamento topográfico cadastral realizado para a via expressa portuária etapa 2, disponibilizados pela prefeitura municipal de Itajaí-SC.

Para melhor entendimento do projeto e localização do traçado foi utilizada as informações das imagens de satélite Bing Maps disponíveis no software AutoCAD Civil 3D da empresa Autodesk. Foi utilizado o sistema de coordenadas conforme descrito abaixo:

- Datum horizontal: SIRGAS2000;
- Projeção: UTM;
- Meridiano central: -51º WGr;
- Fuso: 22 Sul

Buscou-se complementar as informações cadastrais no banco de dados Geomorfométricos, com o modelo digital de elevação (MDE) a partir dos dados SRTM (no inglês: Shuttle Radar Topography Mission; no português: Missão Topográfica Radar Shuttle), disponíveis no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Através do processamento destas informações no software Autodesk Civil 3D 2019, foi identificado que o MDE não representava as feições topográficas principalmente na região do rio no qual apresentou grande discrepância com elevações incompatíveis com a real situação. Desta forma não foi considerado nos

estudos esse modelo de terreno, visto que as informações não estão tratadas e não atendem para a definição do projeto.

Por se tratar de uma região plana na foz do rio Itajaí, adotou-se para o projeto o nível do terreno natural na cota 2,773m, conforme levantamento topográfico disponível no segmento inicial dos estudos.

Embora nesta fase dos trabalhos não foram feitos levantamentos batimétricos específicos para estes estudos, buscou-se obter as informações através de dados disponibilizados pelo Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil. Foi utilizada a carta da costa brasileira 1841\_1, na qual foi extraída as informações das profundidades reduzidas aproximadamente ao nível da baixa – mar média de sizígia.

Com base nas informações da carta náutica 1841\_1 foi feita a inserção das curvas de nível em planta, e para o perfil longitudinal foi feita a interpolação das informações de modo a representar o leito do rio.



**Figura 27 – Carta Náutica 1841\_1**  
**Fonte: Porto de Itajaí**

Conforme informado pela Marinha do Brasil, as profundidades das cartas náuticas são sempre “reduzidas”, ou seja, as profundidades tem como referência o nível de redução (NR) e não a superfície da água. Desta forma são subtraídas as variações nos níveis das águas influenciadas pelas marés ou por períodos de cheias e vazantes.

Com relação ao nível de redução (NR) informado pela Marinha do Brasil, corresponde ao plano de referência para as profundidades das cartas náuticas. Sendo um plano tão baixo que a maré em situações normais não fique abaixo dele.

Para a definição do nível do rio Itajaí foi considerado a Estação Maregráfica: F-41 – Padrão – Nova Delegacia da Capitania dos Portos em Itajaí – 60235 – Versão 1/2012.

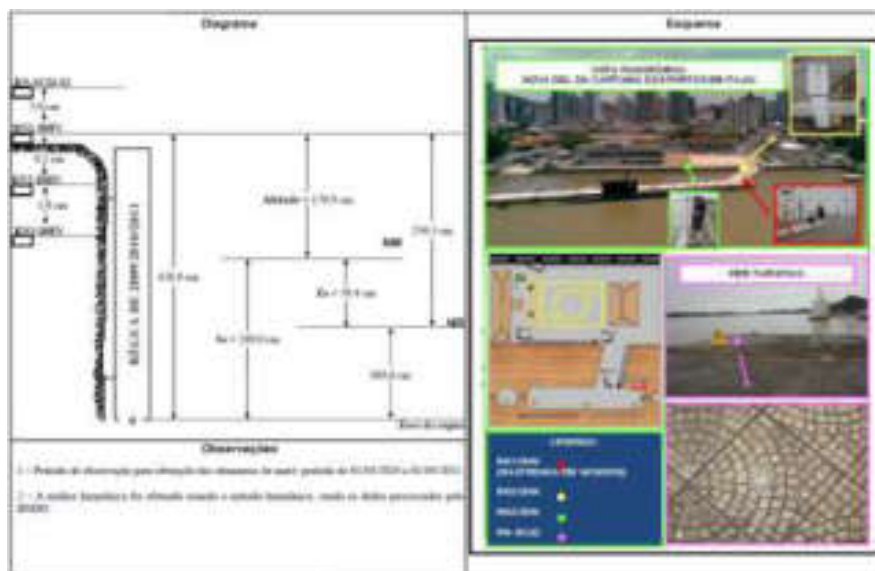


Figura 28 – Estação Maregráfica: F-41 – Padrão – 60235  
Fonte: Porto de Itajaí

Considerando para o projeto a estação maregráfica F-41, o nível da maré (NM) será de 179,9cm abaixo do nível do píer. E o nível de redução (NR) é 59,4cm abaixo do nível da maré (NM).

Desta forma considerando a cota do levantamento topográfico 2,773m na região da ponte e fazendo o transporte de nível, foi calculado o NM em metros da seguinte forma:

Obs: Os valores de NM e NR foram arredondados.

- **NM** = Cota Topografia na região da ponte – 1,80m
- **NR** = NM - 0,60m

Chegou-se aos resultados:

- **NM** = 2,773m – 1,80m = 0,973m (Nível da Maré rio Itajaí)
- **NR** = 0,973m – 0,60m = 0,373m (Nível do Rio Itajaí)

Para as alternativas estudadas deverá considerado o gabarito mínimo de 45,00m acima do nível da maré NM=0,973m.

Na próxima etapa dos trabalhos deverá ser feita a adequação das informações com base no levantamento topográfico cadastral, levantamento batimétrico, dados dos estudos hidrológicos e demais informações que assegurem os parâmetros de navegabilidade para as embarcações.

#### 5.4. Definição do Retângulo de Navegação

O retângulo de navegação adotado será de 122,4 m de largura, por 45m de altura, conforme indicado na Figura a seguir.

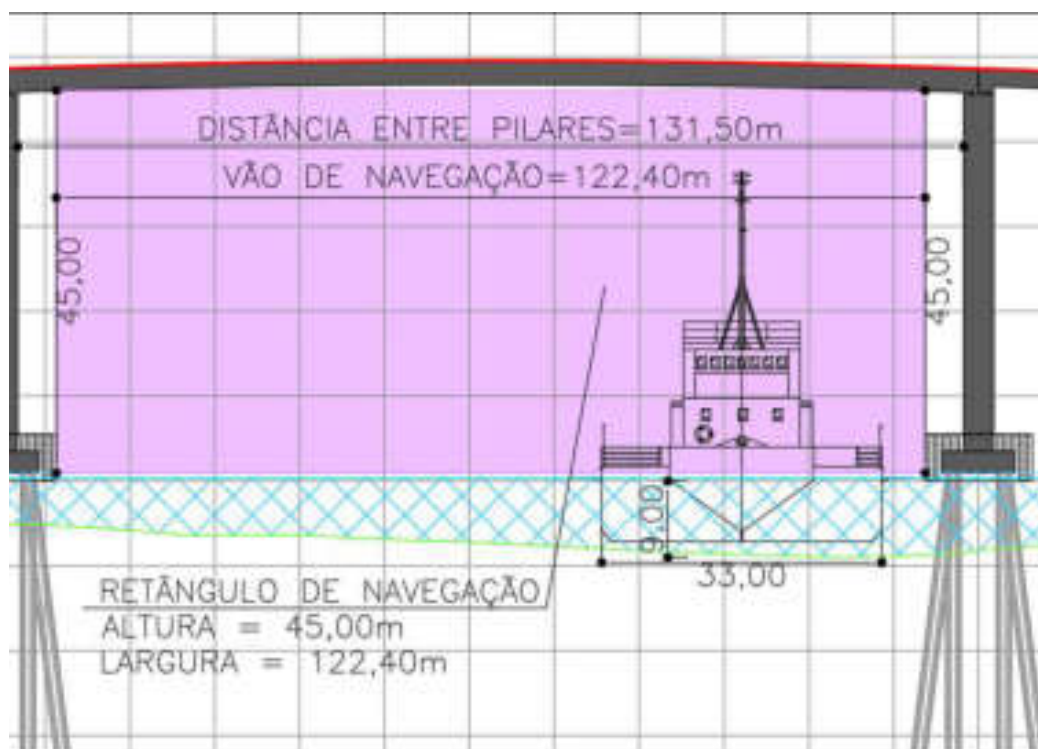


Figura 29 – Retângulo de Navegação  
Fonte: Elaboração Própria

A definição da largura se deu em função das limitações atuais no canal de navegação indicado no Plano de Desenvolvimento e Zoneamento – PDZ-2010 do Porto de Itajaí (capítulo 1.2.1 – Acessos Hidroviários), onde está indicada uma largura de 120 metros.

Durante o desenvolvimento deste estudo não foi possível obter da Autoridade Portuária formalização quanto ao Calado Aéreo máximo em operação, logo, foi adotada a altura utilizada em estudos anteriores, de 45 metros, a ser confirmada nas etapas posteriores de projeto. Caso haja necessidade de se ajustar a altura do retângulo de navegação, esta não terá impacto significativos na viabilidade da obra, dado o atual estágio e precisão deste estudo.

#### 5.5. Ponte sobre o Rio Itajaí

Conforme histórico da região, as cidades de Navegantes e Itajaí são separados por um rio (Rio Itajaí) cuja única possibilidade de deslocamento nas proximidades entre os centros destes município é através do sistema *ferry boat*. De modo geral, o serviço de *ferry boat* é um sistema de baixa capacidade com diversas

variáveis de impedância quanto à mobilidade/fluidez dos deslocamentos, por exemplo, o número de veículos por balsa é de aproximadamente 25 veículos.

Apesar da travessia do Rio Itajaí ocorrer em aproximadamente 3 minutos, o tempo para acesso à embarcação tem picos de até 2h nas horas de maior movimentação, conforme relatos da população dos municípios. Esses atrasos não impactam apenas no tempo de viagem como também na perda de produtividade macroeconômica, dentre as mais diversas variáveis socioambientais. Outra opção de deslocamento entre os municípios é a BR-101 cuja extensão é de aproximadamente 22,9 km e um tempo de deslocamento médio de 30 minutos. A Figura a seguir apresenta as opções de transposição dos veículos.



Figura 30 – Ligações entre Centro e Itajaí e Navegantes

Neste contexto, a avaliação de uma alternativa para o sistema atual é vista com otimismo não só pelos gestores políticos, como também para a população, uma vez que, entende-se que uma troca de deslocamentos ágil e segura poderá potencializar os indicadores econômicos e fomentar o desenvolvimento da região.

A alternativa para este problema atual de mobilidade tem relação com a construção de uma ponte. Essa alternativa tende a resolver os problemas advindos da falta de ligação entre os municípios, facilita o tráfego de passagem com redução na interferência dos deslocamentos internos, facilita também o tráfego de carga entre os portos, caso haja a possibilidade de tráfego de caminhões por ela.

## 5.6. Estudo Locacional - Metodologia

Para auxiliar no Estudo Locacional Ponte sobre o Rio Itajaí, foi utilizado o Método de Análise Hierárquica – AHP (Analytic Hierarchy Process), introduzido por Saaty, T.L. (1980), o qual estrutura a tomada de decisão com base na importância de critérios selecionados e ponderados em função de sua importância e relevância para o projeto.

O método AHP é amplamente utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão na resolução de problemas com múltiplos critérios. Esse método decompõe o problema em fatores, que por sua vez podem



ser divididos em novos fatores, e assim sucessivamente até se chegar ao nível mais claro e mensurável do problema.

A metodologia se estabelece em três etapas: construção de hierarquias, definição de prioridades e consistência lógica.

O ranking das alternativas será estabelecido conforme a metodologia, a qual estrutura a tomada de decisão com base na importância de critérios selecionados e ponderados em função de sua importância e relevância para o projeto.

Conforme descrito por Saaty, T.L. (2008), para tomar uma decisão de forma organizada, visando gerar prioridades, é preciso decompor o processo de decisão nos seguintes passos:

- Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento necessário;
- Estruturar a hierarquia de decisão do topo com o objetivo da decisão;
- Construir um conjunto de matrizes de comparação. Cada elemento em um nível mais alto é usado para comparar os elementos em um nível imediatamente abaixo;
- Usar as prioridades obtidas das comparações para ponderar as prioridades no nível imediatamente abaixo. Fazer isso para todos os elementos. Dessa forma, para cada elemento no nível inferior adiciona o seu peso e obtém-se a prioridade global. Dando continuidade no processo de ponderação e adição até o final, as prioridades das alternativas no nível mais baixo são obtidas.

A Tabela 1 descreve a atribuição dos graus de importância, obedecendo aos critérios expostos por Saaty, T.L. (2008).

Tabela 29 - Grau de Importância Saaty

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos	Se a atividade i recebe uma das	Uma designação razoável.

valores acima de zero	designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i	
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz.

O resultado será dividido pelo mesmo tipo de avaliação utilizando o índice de coerência aleatória correspondente à dimensão de cada matriz ponderada pelas prioridades.

O raciocínio de coerência da hierarquia deve ser inferior ou no máximo igual a 10% – caso contrário, deve ser revista a qualidade da informação.

### 5.7. Fatores determinantes na avaliação e seleção comparativa da alternativa de traçado

São propostos os seguintes fatores determinantes na avaliação e seleção comparativa da alternativa locacional:

- Interferência com Áreas Portuárias;
- Interferência Urbana;
- Melhor atendimento às linhas do BRT (Mobilidade);
- Extensão de Travessia sobre o Rio Itajaí;

A nota de cada alternativa é ponderada em função da relevância dos aspectos considerados, gerando-se assim o ranking das alternativas.,

#### 5.7.1. Interferência com Áreas Portuárias

Em função da existência de uma área portuária desenvolvida, foi avaliada neste critério a menor interferência com o Porto Organizado de Itajaí e demais Portos Privados, identificados no Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ-2010) do Porto de Itajaí.



Figura 31 – Área do Porto Organizado de Itajaí

### 5.7.2. Interferência urbana

Por se tratar de uma obra com grande extensão (aproximadamente 2 km) a ser projetada em área urbana desenvolvida, a implantação da ponte terá grandes interferências. Este critério avalia a menor interferência urbana, seja no sistema viário existente, seja em equipamentos urbanos e edificações, que consequentemente refletem nos custos de implantação e riscos do projeto associados às desapropriações e adequações na infraestrutura.

### 5.7.3. Melhor atendimento às linhas do BRT (Mobilidade)

O estudo de implantação de uma Ponte interligando Itajaí a Navegantes está dentro do contexto de um Estudo de Mobilidade para a implantação de um sistema de transporte em BRT. Logo, deverá também atender o fluxo deste sistema. Este critério avaliará de forma qualitativa o posicionamento da ponte em relação ao traçado das linhas de BRT, planejadas para a melhor captação de demanda e fluxo de transporte.

### 5.8. Extensão de Travessia sobre o Rio Itajaí

A extensão de travessia sobre o Rio Itajaí tem impacto direto nos seguintes aspectos:

- Custo da obra;
- Interferência com a operação marítima;
- Meio Ambiente.

Logo, como análise comparativa, será dada maior relevância à alternativa que obtiver a menor extensão sobre o rio. Para tal, foram estimadas as seguintes extensões de travessia:

- Estudo 1 – Extensão = 443 metros
- Estudo 2 – Extensão = 527 metros
- Estudo 3 – Extensão = 217 metros

### 5.9. Vetor de Priorização e Pesos

O vetor de priorização e seus respectivos pesos relativos foram uniformizados de acordo com a definição da equipe técnica para todas as diretrizes em estudo e utilizados no preenchimento da Matriz AHP. Estes valores são apresentados na Tabela 30, a seguir.

Tabela 30 - Pesos do Projeto

<b>Vetor de Priorização</b>			
<b>Parâmetros de Avaliação</b>		<b>Peso</b>	<b>Peso %</b>
1	Interferência com áreas Portuárias	0,25	25%
2	Interferência Urbana	0,20	20%
3	Melhor Atendimento às Linhas do BRT (Mobilidade)	0,35	35%
4	Extensão de Travessia do Rio Itajaí	0,20	20%
<b>Total</b>		<b>1,00</b>	<b>100%</b>

Foram definidas preliminarmente, considerando-se os critérios de análise, 3 principais áreas de travessia sobre o Rio Itajaí, indicadas na figura abaixo:



Figura 32 – Estudo Locacional: Áreas de Travessia

### 5.10. Resultados obtidos

A partir do cruzamento da matriz normalizada de critérios com as diversas particularidades de cada alternativa, foi possível preencher a matriz AHP, que é apresentada a seguir.

Tabela 31 - Tabela de Análise Hierárquica

<b>Análise Hierárquica - Prioridades Médias Locais (PML's)</b>					
<b>1</b>	Interferência com áreas Portuárias	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	PML's
	Estudo 1	1,0	0,3	0,2	0,11
	Estudo 2	3,0	1,0	0,3	0,26
	Estudo 3	5,0	3,0	1,0	0,63
<b>2</b>	Interferência Urbana	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	PML's
	Estudo 1	1,0	0,3	0,3	0,14
	Estudo 2	3,0	1,0	0,3	0,29
	Estudo 3	3,0	3,0	1,0	0,57
<b>3</b>	Melhor Atendimento às Linhas do BRT	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	PML's
	Estudo 1	1,0	3,0	1,0	0,43
	Estudo 2	0,3	1,0	0,3	0,14
	Estudo 3	1,0	3,0	1,0	0,43
<b>4</b>	Extensão de Travessia sobre o Rio Itajaí	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	PML's
	Estudo 1	1,0	3,0	0,3	0,29
	Estudo 2	0,3	1,0	0,3	0,14
	Estudo 3	3,0	3,0	1,0	0,57

De forma resumida, é apresentado na Tabela 32 os resultados obtidos pelo processo já descrito.

Tabela 32 - Resultado Matriz AHP

<b>RESULTADO DA MATRIZ</b>	
<b>Alternativas</b>	<b>Prioridade Global</b>
Estudo 1	0,26
Estudo 2	0,20
<b>Estudo 3</b>	<b>0,54</b>

Com base no exposto acima, conclui-se que o **Estudo 3** atingiu a maior nota em relação às demais alternativas e, portanto, é o mais indicado para se seguir na diretriz de implantação da Ponte de Ligação dos Municípios Itajaí a Navegantes.

A definição deste ponto confirma o estudo anterior realizado pela AMFRI para a travessia rodoviária do Rio Itajaí, coincidindo ainda com o local indicado pelo PDZ-2010 do Porto de Itajaí, conforme figura abaixo:



Figura 33 – Alternativa de Acesso Porto Itajaí pela BR-470 - Fonte PDZ 2010

### 5.11. Análise de Restrições e Condicionantes - Aeroporto

A referida ponte possuirá uma extensão total de acesso viário de aproximadamente 2,2 km, sendo que a extensão total da ponte será de 1,9 km com rampa máxima de 5%, uma vez que, há a intenção de implantação de ciclofaixa para favorecer a mobilidade ativa local. A Figura a seguir apresenta a seção proposta para a via.

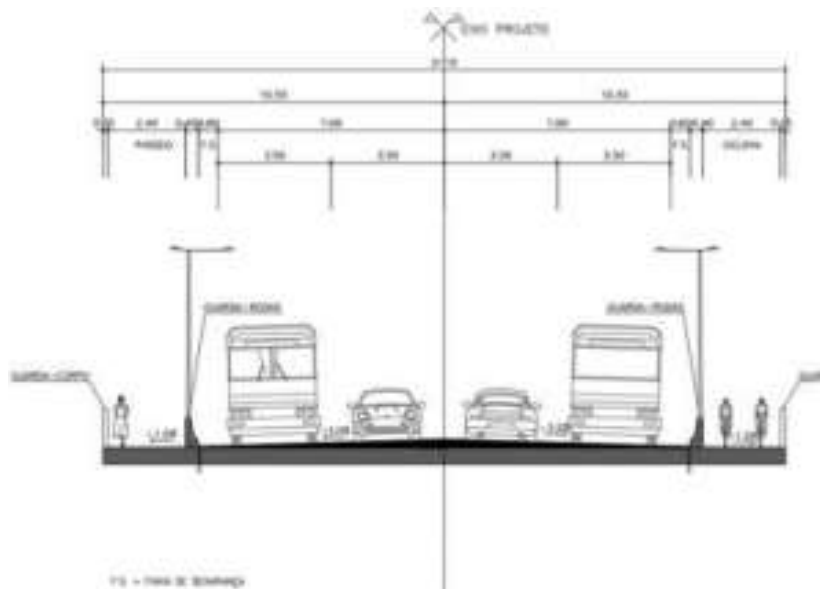


Figura 34 – Seção da Ponte Proposta  
Fonte: Elaboração Própria

Conforme pode ser visto pela Figura anterior foi adotada a seção transversal que atenda a demanda viária considerando plataforma total com 20,70m, para todos traçados estudados, conforme descrito abaixo:

- Duas faixas de rolamento por sentido de tráfegos com 3,50m cada, total = 14,00m destinados a fluxo de veículos;
- Faixa de segurança com 0,60m em ambos os lados da via, total = 1,20m;
- Guarda rodas com 0,40m em ambos os lados da via, total = 0,80m;
- Passeio com 2,20m;
- Ciclovia com 2,20m mais afastamento de 0,20m, no lado esquerdo da via, total = 2,40m;
- Guarda corpo em ambos os lados da via, total = 0,30m

As Figuras a seguir apresentam uma ilustração proposta para a Ponte sobre o Rio Itajaí



**Figura 35 – Ilustração Proposta para a Ponte Proposta (Vista 1)**  
Fonte: Elaboração Própria

No que tange às características da travessia têm-se:

- Vão central = 135,00m;
- 38 vãos de 40m;
- Alas no início da ponte, total = 45,00m;
- Alas no final da ponte, total = 45,00m;
- Gabarito vertical de 45,00m considerado entre o N.A. e a laje;

Um ponto importante para o estudo é que a altura da ponte possui relação direta com um elemento de grande relevância para a região que é o aeroporto Ministro Victor Konder e, por normas técnicas impõe restrições altimétricas à construção de objetos em suas proximidades. As restrições são estabelecidas através da Portaria N°957/GC3 de Julho de 2015 que dispõe sobre as restrições aos objetos projetados que possam afetar adversamente a segurança ou a regularidade das operações aéreas (COMAER, 2018). A Figura a seguir ilustra o perfil com a altura máxima de 45 metros da ponte.



Figura 36 – Ilustração Altura da Ponte  
Fonte: Elaboração Própria

### 5.12. Portaria Nº 957/GC3

A referida Portaria dispõe informações acerca do Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) que é o conjunto de superfícies limitadoras de obstáculos que estabelece as restrições impostas ao aproveitamento das propriedades no entorno de um aeródromo.

Segundo COMAER (2015), as superfícies limitadoras de obstáculos (OLS) são superfícies que estabelecem os limites até os quais os objetos podem se projetar no espaço aéreo sem afetar adversamente a segurança e a regularidade das operações aéreas. [As mesmas são subdivididas em três categorias:] superfícies limitadoras de obstáculos de aeródromo/heliponto (AOLS), [as quais são] superfícies estabelecidas para garantir a regularidade das operações aéreas em um aeródromo ou heliponto e, ainda, a segurança durante situações de contingência das aeronaves; superfícies limitadoras de obstáculos de auxílios à navegação aérea (FOLS), [as quais são] superfícies estabelecidas para garantir a integridade dos sinais eletromagnéticos e/ou luminosos transmitidos e/ou irradiados pelos auxílios à navegação aérea; superfícies limitadoras de obstáculos de procedimentos de navegação aérea (POLS), [as quais são] superfícies estabelecidas para garantir a regularidade das operações aéreas durante a execução de um procedimento de navegação aérea visual ou por instrumentos e, ainda, a segurança em condições.

De forma geral, um Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) será definido em função das superfícies limitadoras de obstáculos de aeródromo/heliponto (AOLS) e das superfícies limitadoras de obstáculos de procedimentos de navegação aérea (POLS), além de das características físicas e operacionais do aeroporto.

No que diz respeito à classificação do aeroporto faz-se necessário identificar a categoria de performance das aeronaves que está descrita pela Tabela 3-3 da Portaria 957. A Tabela a seguir apresenta tal classificação.



**Tabela 33 – Categoria de Performance de Aeronaves**  
 Fonte: Portaria 957. COMAER (2015)

Categoria	Velocidade de Cruzamento da Cabeceira ( $V_{cr}$ ) <sup>(1)</sup>
A	$V_{cr} < 169 \text{ Km/h (91 Kt)}$
B	$169 \text{ Km/h (91 Kt)} < V_{cr} < 224 \text{ Km/h (121 Kt)}$
C	$224 \text{ Km/h (121 Kt)} < V_{cr} < 261 \text{ Km/h (141 Kt)}$
D	$261 \text{ Km/h (141 Kt)} < V_{cr} < 307 \text{ Km/h (166 Kt)}$
E	$307 \text{ Km/h (166 Kt)} < V_{cr} < 391 \text{ Km/h (211 Kt)}$
H	Não aplicável

Conforme informações da Infraero, o aeroporto de Navegantes atende a todos os tipos de velocidade para tipo de uso público e limites até 261 km/h para uso privado. Assim, o aeroporto de Navegantes está categorizado com um aeroporto de categoria 3. A Tabela a seguir apresenta a Tabela 3-5 da Portaria 957 que foi base para tal classificação.

**Tabela 34 – Categoria de Performance sugerida pela Referência**  
 Fonte: Portaria 957. COMAER (2015)

Código de Referência de Aeródromo <sup>(1)</sup>	Tipo de Uso	Tipo de Operação	Categorias de Performance de Aeronaves
1	Público/Privado	VFR NPA e PA	A, B e H A, B, C e H
2	Público/Privado	VFR, NPA e PA	A, B, C e H
3	Público Privado	VFR, NPA e PA	A, B, C, D, E e H A, B, C e H
4	Público/Privado	VFR, NPA e PA	A, B, C, D, E e H

*(1) Deverá ser utilizado o maior código de referência dentre todos os códigos de referência das aeronaves em operação ou planejadas para operar naquela pista.*

O Plano de Zona de Proteção de Aeródromo conta com as seguintes superfícies:

- Faixa de Pista (RBAC-154: Projetos) - Plano que envolve a pista de pouso e decolagem e tem, em cada ponto, a altitude do ponto mais próximo situado no eixo da pista ou no seu prolongamento. Protege as aeronaves no solo em caso de saírem da pista durante a corrida realizada após o pouso e para a decolagem.

- Aproximação - Superfície que se estende em rampa, no sentido do prolongamento da cabeceira da pista de pouso e decolagem, a partir da faixa de pista. Define a porção do espaço aéreo que se deve manter livre de obstáculos a fim de proteger as aeronaves durante a fase final de aproximação para pouso.
- Decolagem - Superfície que se estende em rampa, no sentido do prolongamento da cabeceira da pista de pouso e decolagem, a partir da Faixa de Pista ou da Zona Livre de Obstáculos (*Clearway*), caso exista. Proporciona proteção às aeronaves durante a decolagem, indicando a altitude máxima permitida para os obstáculos situados em sua área de abrangência.
- Transição - superfície que se estende em rampa, a partir dos limites laterais da Faixa de Pista e da interseção com a área de aproximação, onde houver, até o ponto onde sua altitude atinge o desnível de 45m em relação à elevação do aeródromo. Estabelece um espaço aéreo adicional que deve ser mantido livre de obstáculos, a fim de proteger a fase final de aproximação e pouso, em caso de desvio do eixo da pista e/ou arremetidas.
- Horizontal Interna - Plano horizontal formado por semicírculos centrados nas cabeceiras da pista, que se estende para fora dos limites das Áreas de Aproximação e Transição, com desnível de 45 m em relação à elevação do aeródromo. Protege o circuito de tráfego visual do aeródromo e as manobras que antecedem a aproximação e o pouso.
- Cônica - Superfície que se estende em rampa de 20:1 para fora dos limites externos da Área Horizontal Interna. A exemplo da área horizontal interna tem a finalidade de proteger o circuito de tráfego visual do aeródromo e as manobras que antecedem a aproximação e o pouso.
- Aproximação e Transição Interna e Pouso Interrompido - Superfície que se estende em rampa antes da pista na aproximação interna, e a partir dos limites laterais da faixa de pista e da interseção com a área de transição interna, e a partir da distância D2 de início da rampa de pouso interrompido, até o ponto onde sua altitude atinge o desnível de 45m em relação à elevação do aeródromo. Estabelece um espaço aéreo adicional inviolável que deve ser mantido livre de obstáculos, a fim de proteger a fase final de aproximação e pouso e no caso de arremetidas de pousos interrompidos.

Conforme Seção I da Portaria 957 (COMAER, 2015) que diz respeito ao Plano Básico/Específico da Zona de Proteção do Aeródromo há o Artigo 109 que diz que deve ser submetido à autorização do Órgão Regional do DECEA, novo objeto, ou extensão de objeto, de qualquer natureza, temporária ou permanente, fixa ou móvel dentro dos limites laterais da superfície de aproximação quando:

- a) se encontrar **dentro da primeira seção** ou da seção única, **a mais de 1.000 metros da borda interna** e o **desnível entre o topo do objeto e a elevação da borda interna seja superior a 20 metros** (Portaria nº 1.168/GC3, de 7 de agosto de 2018).
- b) se encontrar dentro da segunda seção e o desnível entre o topo do objeto e a elevação da borda interna seja **superior a 60 metros**; (Portaria nº 1.168/GC3, de 7 de agosto de 2018)

O mesmo Artigo 109 diz que deve ser submetido à autorização do Órgão Regional do DECEA, novo objeto, ou extensão de objeto, de qualquer natureza, temporária ou permanente, fixa ou móvel dentro dos limites laterais da superfície de decolagem quando:

- c) se encontrar entre 1.000 e 3.000 metros da borda interna e o desnível entre o topo do objeto e a elevação da borda interna seja **superior a 20 metros**; (Portaria n° 1.168/GC3, de 7 de agosto de 2018)

Ainda sobre o Artigo 109 há a menção que deve ser submetido à autorização do Órgão Regional do DECEA os objetos dentro dos limites laterais da superfície horizontal interna, quando o desnível entre o topo do objeto e a elevação do aeródromo seja superior a 40 metros e o objeto se elevar acima da superfície do terreno em mais de 8 metros; (Portaria n° 1.168/GC3, de 7 de agosto de 2018) (Item IV, COMAER, 2015)

### 5.13. Delimitação de Área

A Superfície Horizontal Interna consiste num plano horizontal com desnível de 45 m em relação à elevação do aeródromo. Seus limites externos são semicírculos, com centros nas cabeceiras das pistas, unidos por tangentes. Os raios, em metros, variam conforme o tipo de operação e o código de pista. A Figura a seguir apresenta o esboço da Superfície Horizontal Interna, conforme COMAER, 2015.

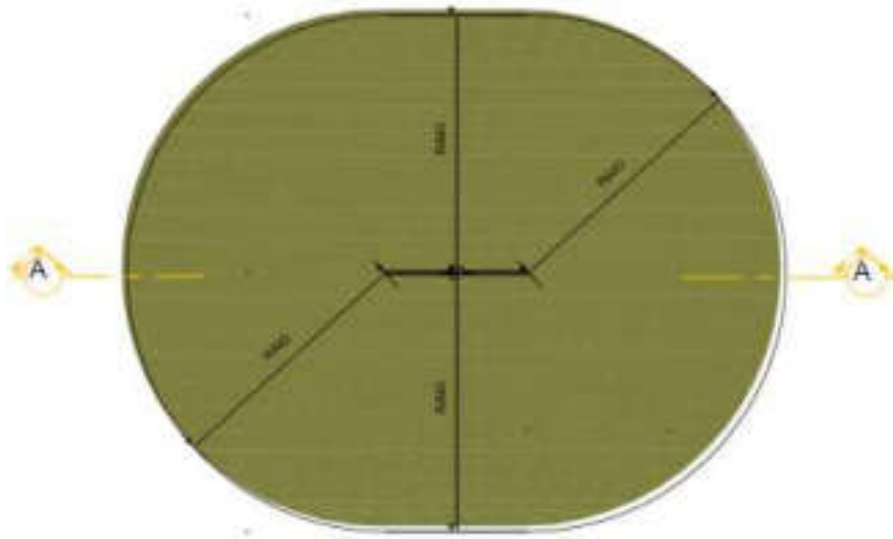


Figura 37 – Superfície Horizontal Interna  
Fonte: Portaria 957. COMAER (2015)

Conforme Tabela 3.4 da Portaria 957 (COMAER, 2015. pag. 59), considerando que o aeroporto é classificado como IFR-NÃO PRECISO <sup>4</sup>e com seu código de referência 3 o raio da Superfície Horizontal Interna será de **4.000 metros**. Desta maneira, sabendo dessa medida, foi possível traçar o raio em função da posição do aeroporto, como mostra a Figura a seguir.

<sup>4</sup> A pista homologada para procedimento de aproximação por instrumentos com guia vertical, para efeito dessa Portaria, será considerada IFR-Não Precisão se o OCH do procedimento for maior ou igual a 300 pés (100m) e IFR-Precisão, se o OCH for menor que os 300 pés (100m). OCH é a altura de separação de obstáculos definida para a pista pelo DECEA



Figura 38 – Superfície Horizontal Interna  
Fonte: Elaboração Própria

A delimitação externa da superfície horizontal interna consiste em semicírculos de 4.000 metros de raio, com centros nas cabeceiras das pistas, interligados por tangentes. A altura da horizontal interna é 45 metros.

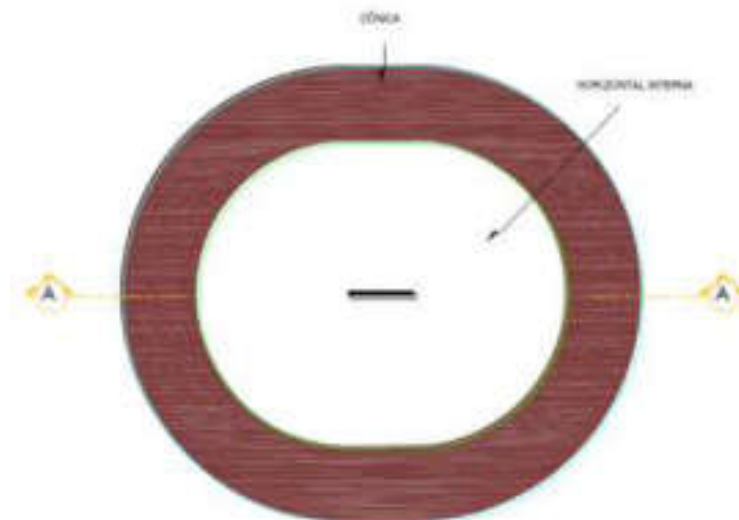
A Figura a seguir apresenta um esquema didático para a superfície horizontal interna e por ela, pode-se verificar que após a decolagem, em uma distância de aproximadamente 315 metros a altura permitida para objetos (a uma inclinação de 14,3%) será de 45 metros. Após os 315 metros os limites são maiores que os 45 metros de altura (h), o que tende ser um resultado otimista considerando a proposta para a Ponte sobre o Rio Itajaí que está à uma distância bem superior com a mesma altura.



Figura 39 – Superfície Horizontal Interna  
Fonte: OACI (2009)

Já a superfície externa é delimitada por semicírculos com raios de 20.000 metros e altura de superfície de 150 metros.

A superfície cônica é uma superfície inclinada que parte do contorno exterior da superfície horizontal interna. Conforme Tabela 3.4 da Portaria 957 (COMAER, 2015. pag. 59) a gradiente da superfície cônica é de 5%. Pela mesma referência, a borda externa da superfície cônica está definida a uma altura de 75 metros acima da superfície horizontal interna. A Figura a seguir apresenta o referencial teórico da superfície cônica para a PBZPA.



**Figura 40 – Superfície Cônica**  
**Fonte: Portaria 957. COMAER (2015)**

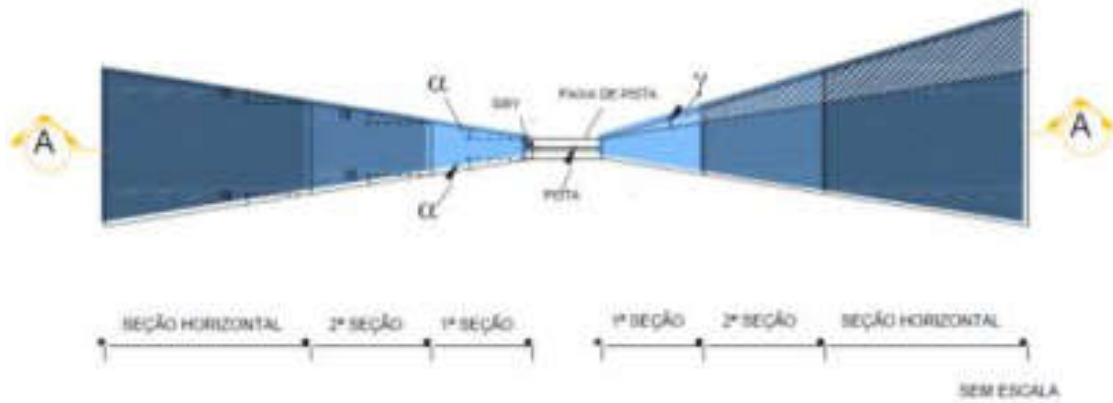
A superfície de aproximação constitui um plano inclinado ou uma combinação de planos anteriores à cabeceira da pista que pode ser dividida em até três seções e cujos parâmetros e dimensões estão estabelecidos.

Considerando as classificações do aeroporto para IFR Não-Preciso e categoria de aeroporto Classe 3 é possível verificar que haverá duas seções. A primeira à 2.500 metros com greide de 3,3% e a segunda seção que será à 3.000 metros com 2% de greide, sendo esta segunda a configuração que o presente aeroporto se encontra. A Tabela a seguir apresenta o referencial teórico para a superfície de aproximação.



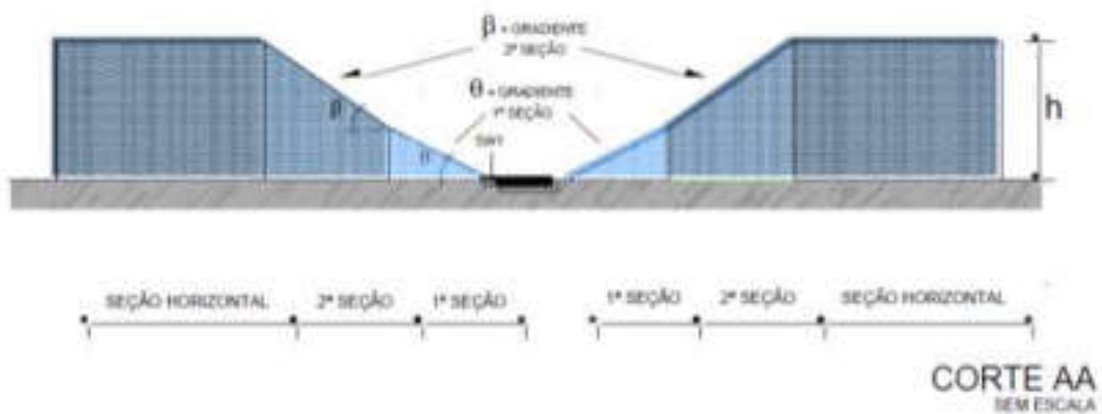
As Figuras a seguir exemplificam as superfícies de aproximação para a categoria do aeroporto estudado.

**PBZPA/PEZPA - SUPERFÍCIE DE APROXIMAÇÃO**  
IFR NÃO PRECISÃO ( CÓDIGOS 3 e 4) e IFR PRECISÃO



$\alpha$  = ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA EM RELAÇÃO AO EIXO DA PISTA

$\gamma$  = ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA DE APROXIMAÇÃO IFR



$h$  = 150m ACIMA DA ELEVACÃO DA CABECERA OU ALTURA E/OU ALTITUDE DO OBSTÁCULO QUE DEFINE A OCAH

Figura 41 – Superfície de Aproximação  
Fonte: Portaria 957. COMAER (2015)



Sobre a superfície de transição este deve ser medido em relação a um plano vertical perpendicular ao eixo da pista de pouso, ao longo da faixa de pista e da superfície de aproximação interna, e perpendicular à lateral da superfície de pouso interrompido ao longo dessa superfície. (COMAER, 2015). A Figura a seguir ilustra o referencial teórico para a superfície de transição.

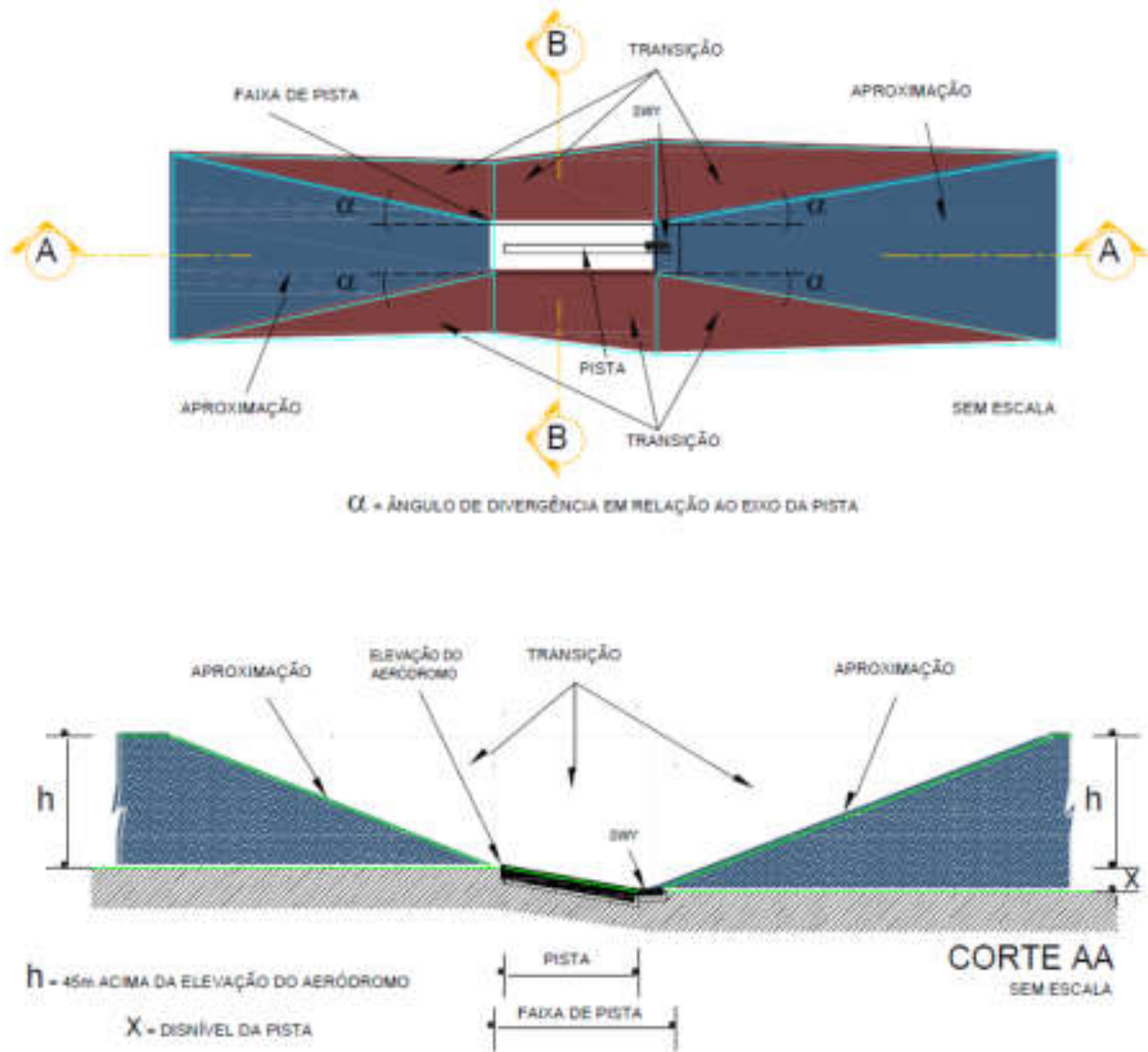


Figura 42 – Superfície de Transição  
Fonte: Portaria 957. COMAER (2015)

Diante do exposto foi possível obter todas as superfícies que delimitarão os limites de altura que serão correlacionadas com a proposta de execução da Ponte sobre o Rio Itajaí. A Figura a seguir apresenta as referidas superfícies.



**Figura 43 – Superfícies PBZPA**  
**Fonte: Mira (2015 apud. INFRAERO, 2015)**

A Figura a seguir apresenta as regiões que podem ser consideradas as mais restritivas em relação à implantação de obras de arte especial, são elas: a superfície de transição, aproximação e decolagem. Entretanto, pode haver exceção a estas restrições de altura de objetos se for considerado que a obra são de interesse público nos termos do artigo 117 da Portaria Nº 957/GC3, e um estudo aeronáutico determinar que o prejuízo operacional seja considerado aceitável, neste caso, o(s) órgão(s) público(s) interessado(s) deverão tomar conhecimento das medidas mitigadoras a serem implantadas e das consequentes restrições operacionais e avaliar os benefícios do empreendimento versus o prejuízo operacional no aeródromo envolvido [...]”. (COMAER, 2015)

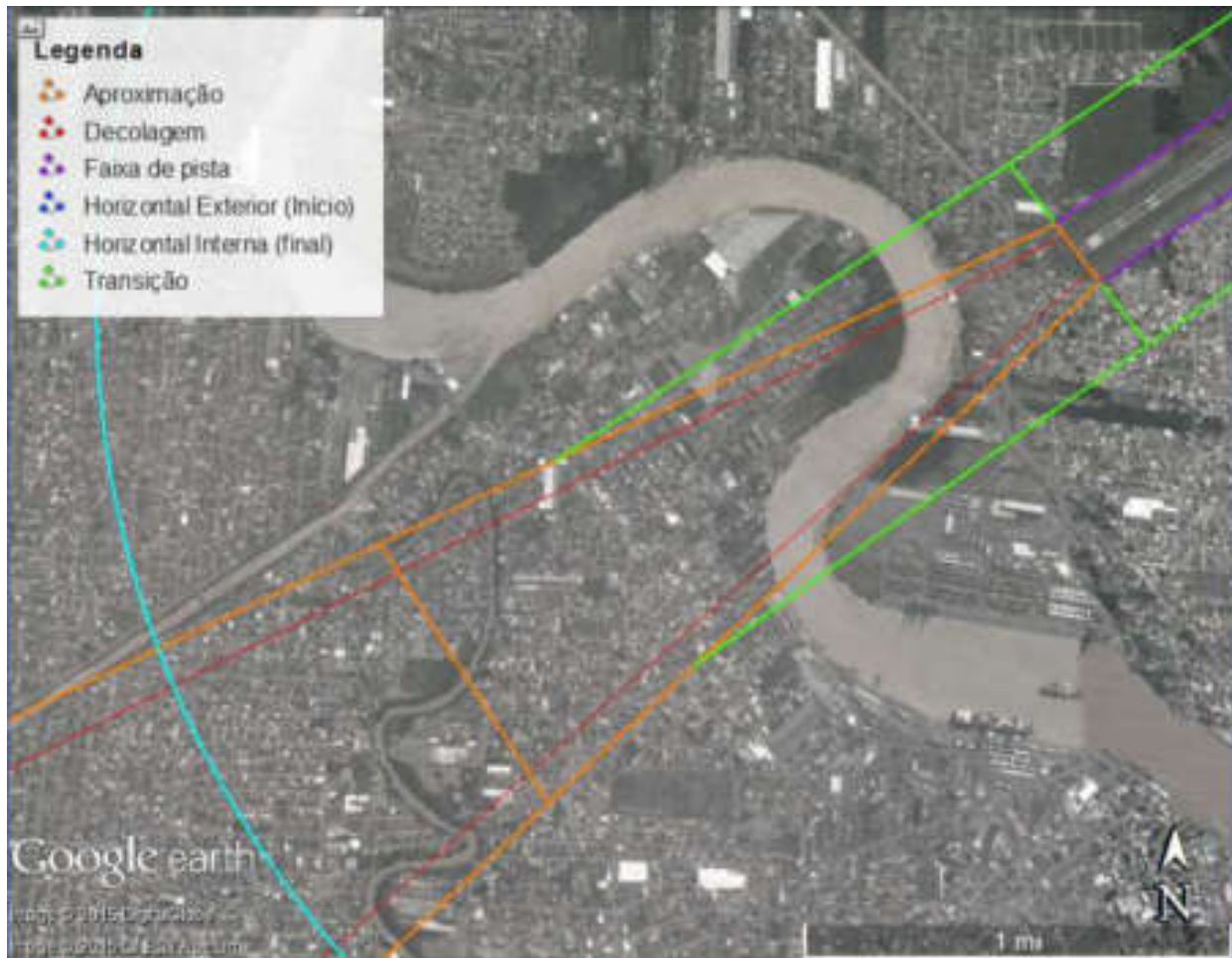


Figura 44 – Superfícies PBZPA – Prolongamento da Pista (Eixo Sul)  
Fonte: Mira (2015 apud. INFRAERO, 2015)

Como pode ser visto pela Figura anterior, a superfície de decolagem encontra-se contida na superfície de aproximação, ou seja, não se faz necessário uma ponderação específica para decolagem pois esta será atendida para qualquer metodologia adotada.

Conhecendo as superfícies de proximidade ao aeroporto e de posse do projeto foi possível sobrepor a proposta de traçado da ponte com os limites preconizados pela Portaria 957. De forma geral, o que se pode verificar é que o ponto mais alto da ponte (altura = 45 m) está fora das áreas mais restritivas (Aproximação, Decolagem e Transição) encontrando-se na Superfície Horizontal interna cujo limite é de 45 metros, ou seja, a altura proposta para a ponte sobre o Rio Itajaí também **atende** aos limites legais.

Não obstante, a superfície cônica é uma superfície inclinada que parte do contorno exterior da superfície horizontal interna e cujo contorno exterior. Como normatização da Portaria 957, o gradiente da superfície cônica é de 5% e a borda externa da superfície cônica está localizada a uma altura de 75 metros acima da superfície horizontal interna, ou seja, a ponte também **atende** aos limites da superfície cônica. A Figura a seguir apresenta a sobreposição da superfície e do projeto.



Figura 45 – Superfícies PBZPA e Projeto da Ponte  
Fonte: Adaptado de Mira (2015 apud. INFRAERO, 2015)

Pela Figura anterior é possível identificar a afirmação que o ponto mais alto da proposta da Ponte sobre o Rio Itajaí está fora das áreas mais restritivas. Um outro ponto de destaque é que, considerando a superfície de aproximação, para uma distância de 1 km da bora interna ao longo do eixo da pista é possível ter permissões de altura de até 20 metros.

Essa avaliação é de extrema importância pois, o Pilar 42 que é o último pilar do projeto da ponte está à uma altura de 9,3 metros considerando que o eixo da pista será o marco 0, ou seja, o início da ponte **atenderia** às exigências legais preconizadas pela Portaria 957. A Figura a seguir apresenta a referência do ponto mais baixo próximo ao aeroporto de Navegantes.



Figura 46 – Cota para Superfícies PBZPA no Projeto da Ponte  
Fonte: Elaboração Própria

#### **5.14. Conclusão sobre o Aeroporto**

Ao longo do presente documento foram abordadas todas as diretrizes que a Portaria 957 preconiza para o tocante de limites de restrição de altura para objetos próximos aos aeroportos. No que diz respeito ao objeto de estudo, a análise foi baseada no Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) que é o conjunto de superfícies limitadoras de obstáculos que estabelece as restrições impostas ao aproveitamento das propriedades no entorno de um aeródromo.

A delimitação externa da superfície horizontal interna consiste em semicírculos de 4.000 metros de raio, com centros nas cabeceiras das pistas, interligados por tangentes. A altura da horizontal interna é 45 metros e grande parte da região da foz do rio está localizada nesta área. A superfície horizontal externa é delimitada por uma figura geométrica com o formato idêntico ao formato da superfície horizontal interna, porém as dimensões são diferentes.

A proposta de intervenção idealizada é a criação de uma ponte com aproximadamente 2,2 km de extensão com uma altura máximo de 45 metros conforme apresentado pelo projeto. De acordo com as Tabelas constantes na Portaria 957 para a PBZPA contrapondo com o projeto conceitual da ponte foi possível identificar que a ponte ficaria fora da zona mais restritiva alocando-se na superfície de aproximação interna que, considerando a superfície cônica apresentaria resultados satisfatórios de limite de altura.

Outra análise foi a avaliação de altura mais próximo da cota 0 que será o eixo da pista. Neste caso, pelo pilar foi possível estimar uma cota 9,23 metros e, considerando os cálculos de seção pela horizontal do eixo da pista de 1000 m a estimativa de altura permitida é da ordem de 20 metros o que indica que o projeto também atende às normas.

Por fim, conclui-se diante disso que o projeto conceitual da ponte apresenta todos os indícios de estar dentro das regulamentações e/ou normatizações de altura conforme preconizado pela Portaria 957.

Salienta-se que a priori, o estudo está na fase conceitual e tende a sofrer singelas modificações no decorrer do andamento do processo de execução. De qualquer maneira, para esta segunda etapa acredita-se que uma autorização formal por parte do DECEA seja de grande relevância para processo legal de implantação da ponte sobre o Rio Itajaí.

#### **5.15. Estudo Trade-Off da Ponte**

Após a definição do local de travessia, foram estudadas duas alternativas de geometria da ponte:

- Alternativa 1: Travessia em curva
- Alternativa 2: Travessia em tangente

Estas alternativas possuem aspectos construtivos distintos no trecho da travessia do Rio Itajaí, onde se encontra o maior vão, além de interferência urbana maior do lado em que a Ponte se desenvolve em Navegantes.

Na Alternativa 2 podem ser adotados processos construtivos convencionais e menos onerosos, como Balanços Sucessivos, que já não podem ser aplicados na solução em curva, adotada na Alternativa 1.

Abaixo são apresentadas as geometrias estudadas para cada caso:



**Figura 47 – Alternativa 1: Travessia em curva**  
 Fonte: Elaboração Própria



**Figura 48 – Alternativa 2: Travessia em tangente**  
 Fonte: Elaboração Própria

Para a estimativa de desapropriação foi considerada a área de projeção da Ponte, acrescida de área de serviço de 15 metros. As áreas de desapropriação encontradas em cada caso são as seguintes:

**Tabela 36 – Estimativa de Desapropriação**  
**Fonte: Elaboração Própria**

<b>Local</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Alternativa 1 (Curva)</b>	
Itajaí	46.923
Navegantes	47.596
<b>Total</b>	<b>94.519</b>
<b>Alternativa 2 (Tangente)</b>	
Itajaí	47.006
Navegantes	66.152
<b>Total</b>	<b>113.158</b>

Com base nestes resultados e estimativas orçamentárias e em pesquisas de custos de obras similares, para cada alternativas foi desenvolvido um Estudo de Trade-off com o objetivo de comparar os custos estimados, chegando-se aos seguintes resultados:

Tabela 37 – Estudo de Trade-off (Alternativa 1)

Fonte: Elaboração Própria

ALTERNATIVA 1 (Curva)								
1	Meso (Blocos e Pilares) e Superestrutura (Tabuleiro)	Limite Inferior (R\$/m <sup>2</sup> )	Limite Superior (R\$/m <sup>2</sup> )	Média (R\$/m <sup>2</sup> )	Dimensões			Custo
					Extensão (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	
	Concreto Armado/Protendido	4.952,00	6.190,57	5.571,51	1.520,00	21,10	32.072,00	R\$ 178.689.468,72
	Balanços Sucessivos com Vigamento	11.266,83	14.485,93	12.876,38	235,00	21,10	4.958,50	R\$ 63.847.512,88
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 242.536.981,60</b>
2	Infraestrutura (Fundações)	Limite Inferior (10%)	Limite Superior (30%)	Média (20%)	Custo			
	Concreto Armado/Protendido	17.868.946,87	53.606.840,62	35.737.893,74				R\$ 35.737.893,74
	Balanços Sucessivos com Vigamento	6.384.751,29	19.154.253,86	12.769.502,58				R\$ 12.769.502,58
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 48.507.396,32</b>
3	Desapropriações	Limite Inferior (R\$/m <sup>2</sup> )	Limite Superior (R\$/m <sup>2</sup> )	Média (R\$/m <sup>2</sup> )	Área Total (m <sup>2</sup> )	Custo		
	Itajaí	200,00	1.339,29	769,64	46.923,00			R\$ 36.113.951,79
	Navegantes	480,00	1.192,84	836,42	47.596,00			R\$ 39.810.316,34
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 75.924.268,13</b>
4	Contingência (20%)							R\$ 73.393.729,21
<b>TOTAL ALTERNATIVA 1</b>								<b>R\$ 440.362.375,25</b>



Tabela 38 – Estudo de Trade-off (Alternativa 2)

Fonte: Elaboração Própria

ALTERNATIVA 2 (Tangente)								
1	Meso (Blocos e Pilares) e Superestrutura (Tabuleiro)	Limite Inferior (R\$/m <sup>2</sup> )	Limite Superior (R\$/m <sup>2</sup> )	Média (R\$/m <sup>2</sup> )	Dimensões			Custo
					Extensão (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	
	Concreto Armado/Protendido	4.952,00	6.190,57	5.571,51	1.520,00	21,10	32.072,00	R\$ 178.689.468,72
	Balanços Sucessivos	8.666,79	11.143,02	9.904,90	265,00	21,10	5.591,50	R\$ 55.383.248,35
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 234.072.717,07</b>
2	Infraestrutura (Fundações)	Limite Inferior (10%)	Limite Superior (30%)	Média (20%)	Custo			
	Concreto Armado/Protendido	17.868.946,87	53.606.840,62	41.338.367,91	R\$ 41.338.367,91			
	Balanços Sucessivos	5.538.324,84	16.614.974,51	12.475.227,63	R\$ 12.475.227,63			
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 53.813.595,54</b>
3	Desapropriações	Limite Inferior (R\$/m <sup>2</sup> )	Limite Superior (R\$/m <sup>2</sup> )	Média (R\$/m <sup>2</sup> )	Área Total (m <sup>2</sup> )	Custo		
	Itajaí	200,00	1.339,29	769,64	47.006,00	R\$ 36.177.832,14		
	Navegantes	480,00	1.192,84	836,42	66.152,00	R\$ 55.330.953,16		
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 91.508.785,30</b>
4	Contingência (20%)						R\$	75.879.019,58
<b>TOTAL ALTERNATIVA 2</b>								<b>R\$ 455.274.117,50</b>

Analisando os resultados encontrados, conclui-se que o valor estimado para a Alternativa 1, travessia em curva, é menor. Ressalva-se, no entanto, que, em função das imprecisões inerentes à maturidade do estudo, a diferença é pequena (3%), sendo considerado que os custos de implantação estimados das alternativas são similares. Logo, será selecionada para este estudo de viabilidade a alternativa de menor impacto urbano, sendo esta a **Alternativa 1, com a travessia sobre o rio Itajaí em curva.**

### 5.16. Estudos Técnicos da Ponte

O Estudo Técnico da Ponte teve por objetivo fornecer todas as informações e prescrições necessários para a construção de uma OAE que tivesse a capacidade de transpor o Rio Itajaí.

Os critérios adotados para o desenho geométrico e dimensionamento da estrutura, foram os seguintes:

- Atende deslocamento por veículos automotores (veículos leves, ônibus e caminhões, bicicletas e deslocamento a pé);
- Seção transversal de 21,10 m com:
  - Duas faixas de rolamento por sentido de tráfegos com 3,50m cada, total = 14,00m destinados a fluxo de veículos;
  - Faixa de segurança com 0,60m em ambos os lados da via, total = 1,20m;
  - Guarda rodas com 0,40m em ambos os lados da via, total = 0,80m;
  - Passeio com 2,40 m;
  - Ciclovia com 2,40m;
  - Guarda corpo em ambos os lados da via, total = 0,30m;
- Alternativa estudada adotando-se premissas básicas de implantação de ciclovias preconizadas por Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas IPR-740 do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) do Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT);
- Estudo com rampa máxima com 5%;
- O gabarito vertical de 45,00m entre o N.A. e a base da viga do vão central;
- Vão central com 135,00m, sendo vão livre de navegação de 122 metros;
- Restrição de altura em região próxima a espaço aéreo do Aeroporto de Navegantes (PORTARIA Nº 957/GC3, DE 9 DE JULHO DE 2015 - RESTRIÇÕES AOS OBJETOS PROJETADOS NO ESPAÇO AÉREO).

O pré-dimensionamento estrutural dos elementos que compõem a OAE foi realizado sob a fundamentação teórica constante na literatura técnica pertinente (sempre utilizando-se de publicações de reconhecida idoneidades e autores com solido reconhecimento no meio técnico e/ou acadêmico) e respeitando as prescrições normativas vigentes no período de elaboração do projeto. Ao que se refere ao atendimento das recomendações normativas, salienta-se que, sempre que possível, foram utilizadas normatizações publicadas pela ABNT, contudo, na ausência de publicações oriundas da ABNT foram utilizadas as normatizações internacionais dando preferência a aquelas que mais se assemelham as publicações da ABNT.

A OAE projetada possui extensão total de 1.755 m seguindo a seguinte distribuição:

- Vão central de 135;
- Dois vãos de 65m adjacentes ao vão central;
- Demais vãos de 40m;

A ponte projetada possui sua superestrutura composta por um trecho de travessia do Rio com dois vãos laterais de 65m e um vão central (responsável por transpor a calha do Rio Itajaí) com extensão de 135 m. A

ponte possui seção caixão em concreto protendido com largura de 11m e composta por duas longarinas (espaçadas de 5,30m) e dois balanços com 2,85m cada. A altura da seção varia de 5,50m (junto aos pilares) a 2,50m (nas extremidades e no meio do vão central). Frente a elevada largura da calha do rio e da configuração do terreno (extremamente acidentado, geometria irregular e impondo pilares com altura superiores a 40m) a ponte foi projetada para que a mesma fosse construída por meio do método dos balanços sucessivos. Para tal, foi previsto que as concretagens seriam dadas por meio de aduelas com 3,80m de largura

O trecho de acesso possui suas superestruturas compostas por uma laje de tabuleiro sustentada por 5 longarinas pré-moldadas em concreto protendido e dispostas a cada 2,50m. Ao que se refere a distribuição longitudinal, os vãos da estrutura de acesso ao vão central possuem 40 m de extensão. Em ambos os trechos foram propostos o sistema de lajotas pré-moldadas para eliminar a necessidade do emprego de formas para concretagem da laje do tabuleiro. Ao que tange a conexão entre a superestrutura dos viadutos de acesso e a mesoestrutura, foram utilizados aparelhos de apoio de neoprene fretado e nivelados com o auxílio de grout.

A mesoestrutura da ponte é composta por pilares que possuem seção caixão (5,80m x 8,80m e paredes com espessura de 70cm) entre o topo do bloco e uma altura de 34m. A partir dos 34m de altura os pilares são compostos por duas lâminas (transversais a seção da ponte) paralelas entre si e com largura de 70cm. Os viadutos de acesso possuem mesoestruturas compostas por pilares com seções caixa com 3,40m x 5,80m e paredes com espessuras de 50cm. Em cada encabeçamento foi proposto um encontro composto por uma viga de apoio, uma cortina frontal mural nas laterais. Todos os elementos são compostos em concreto armado.

A infraestrutura proposta em toda a OAE é composta por blocos de concreto armado sobre estacas escavadas de grande diâmetro (diâmetro nominal de 1,60m). A implantação da OAE prevê ainda a construção de proteções dos blocos e pilares (dolphin), em função de ser um rio navegável. Em anexo são apresentados desenhos esquemáticos da solução empregada para a Ponte.

## **6. PROJETO PRELIMINAR DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA**

O Projeto de Sinalização dos corredores de BRT, seguirá as recomendações da Instrução de Serviço IS-215, vigente no DNIT. Este projeto idealiza-se de acordo com as disposições do CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO, Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 e seus anexos: MANUAL BRASILEIRO DE SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO, volumes I, II, IV de 2007 e volume III de 2014. Está prevista, ainda, sinalização de obras em função dos desvios e interrupções de pista ocasionadas por estas, além de sinalização provisória para que no transcorrer da obra as partes finalizadas sejam sinalizadas.

Todos os serviços de sinalização, seus processos de execução e materiais empregados, deverão respeitar, além do disposto aqui, as especificações do DNIT 100/2009 – ES (Segurança no Tráfego Rodoviário – Sinalização Horizontal) e 101/2009 – ES (Segurança no Tráfego Rodoviário – Sinalização Vertical), assim como as NBR's 14.644 (Sinalização vertical viária – Películas – Requisitos), 14.891 (Sinalização vertical viária – Placas), 15.405 (Sinalização horizontal viária – Tintas – Procedimentos para execução de demarcação e avaliação), entre outras.

### **6.1. Sinalização Vertical**

O objetivo da sinalização vertical é estabelecer comunicação visual por meios de placas fixadas em dispositivos implantados à margem da rodovia ou suspensos sobre ela, com a finalidade de regulamentar o seu uso, advertir situações potencialmente perigosas, além de orientar, informar e educar o usuário da mesma. As placas que serão fixadas nos bordos de pista deverão ter altura mínima de 1,20 m entre a borda inferior da placa e a pista, e em calçadas deverá manter-se uma altura mínima de 2,10 m entre a borda inferior da placa e a calçada

### **6.2. Sinalização Horizontal**

A sinalização horizontal se compõe basicamente da pintura de sinais, linhas de demarcação, símbolos e legendas sobre o pavimento, tachinhas e tachões, objetivando suplementar a sinalização vertical. Ressalta-se, com estas ponderações, a impossibilidade de liberação de trechos em obras ou recém-concluídos, sem a execução da Sinalização Horizontal. A largura das linhas de demarcação será de 0,12 metros.

### **6.3. Sinalização em Obras**

As diversas etapas de obras inerentes à construção de rodovias geram situações diferenciadas para o condutor em curto espaço de tempo, tornando o trecho em obras um ponto crítico no que tange a acidentes. Dessa forma, a sinalização de obras é de fundamental importância na prevenção de acidentes, devendo ela advertir o motorista, quanto à situação, com a necessária antecedência, regulamentar a velocidade e outras condições que se façam necessárias, canalizar e ordenar o fluxo de modo a evitar dúvidas ao condutor e minimizar congestionamentos.

Para desempenhar estas funções a sinalização de obra deverá sempre apresentar boa visibilidade e legibilidade, além de estar adaptada às características da obra. Outro ponto fundamental no bom funcionamento é a credibilidade da sinalização de obras. Assim sendo, é de suma importância que a mesma seja retirada imediatamente após o término da obra. A sinalização de obras deve seguir as disposições do MANUAL DE SINALIZAÇÃO DE OBRAS E EMERGÊNCIAS – 2010, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT.

## 7. RECOMENDAÇÕES PARA ESTAÇÕES BRT E PAISAGEM

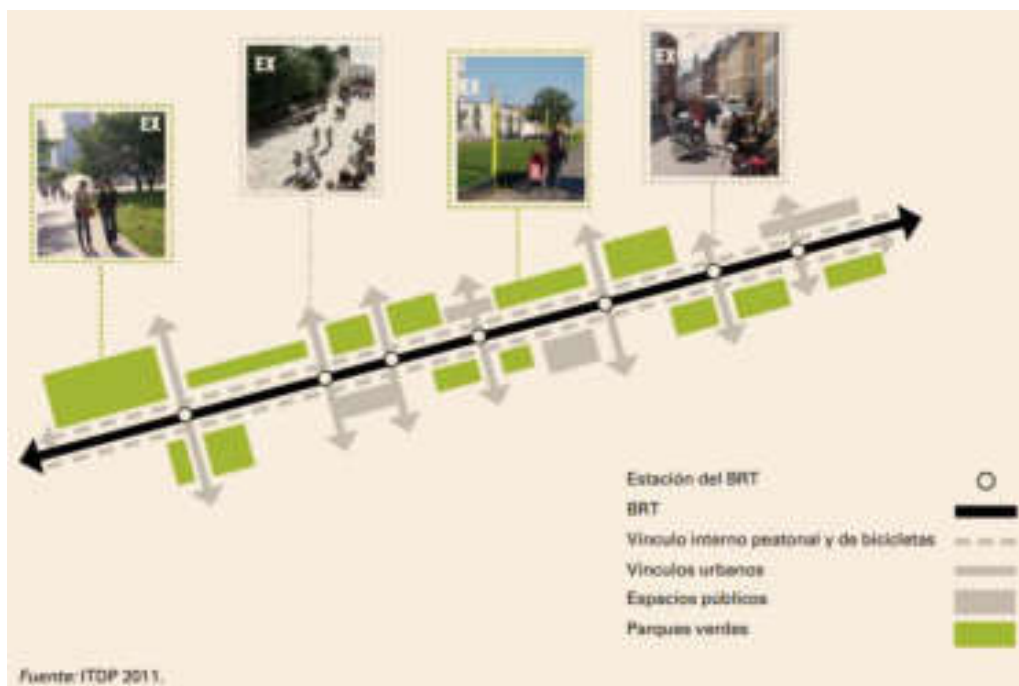
Os sistemas BRT contribuem para a redução do congestionamento do veículo, sendo uma boa oportunidade para aumentar o espaço público urbano, tanto na sua extensão como na sua qualidade. Assim, o desenvolvimento dos corredores do BRT é visto como uma oportunidade para a melhoria da paisagem urbana de aquelas cidades onde são implementadas.

Recentemente, a construção dos novos corredores BRT está empenhada em projetar estações mais atraentes, evitar conflitos urbanos com construções que são património, criar mais espaço para pedestres e bicicletas, e facilitar atividades sociais no espaço próximo a esses eixos.

### Exemplos de ações

#### 7.1.1. Conectores verdes no sistema rápido do barramento do trânsito de Guangzhou

Junto com o desenvolvimento do BRT, Guangzhou está investindo em instalações que promovem a integração modal entre BRT e o transporte não-motorizado. A cidade melhorou os itinerários pedestres, instalou escadas rolantes em estações-chave e acrescentou cerca de 20 travessias seguras ao longo do corredor. Isso resolveu alguns problemas de empilhamento na plataforma em paradas de ônibus, criou ciclovias e instalou áreas de estacionamento gratuitas para bicicletas, bem como sistemas de partilha de bicicletas na maioria das estações BRT. Estes investimentos melhoraram a qualidade do ambiente e da paisagem urbana. A cidade também está se esforçando para melhorar a qualidade do espaço público perto do BRT, através do desenvolvimento de parques lineares como mostra a figura embaixo.



#### 7.1.2. Transformar uma estrada em um parque e, em seguida, integrar o BRT e suas estações em Seul

Em Seul, um projeto foi desenvolvido para remover o viaduto elevado e transformar um Rio urbano como um parque linear, o Cheonggyecheon. Em ambos os lados do Rio há espaço para pedestres, nas subpontes

foram construídos arquibancadas e estágios que são utilizados para shows, exposições de arte e concertos urbanos, vegetação foi plantada e novo mobiliário urbano foi disponibilizado.

Para evitar as resistências que sempre ocorrem neste tipo de projeto, este foi proposto como um projeto de resiliência de água em caso de inundação e também um padrão na promoção da imagem A Coréia do Sul como um país comprometido com a sustentabilidade. Faz também parte de uma política pública de mobilidade sustentável. Uma diminuição dos problemas de congestionamento rodoviário associados ao desaparecimento do viaduto, o governo fez um investimento maciço no transporte público e implementou novas Linhas de BRT.



### 7.1.3. Corredores BRT e transformação de espaços públicos em Bogotá.

A intervenção em Bogotá sobre os transportes não só levou a mudanças no sistema de mobilidade, mas também foi acompanhada por uma grande transformação urbana que ajudou a ordenar a cidade nos corredores do BRT e suas estações. Neste sentido, o TransMilenio criou uma nova paisagem urbana, deu uma nova imagem a Bogotá. Embora o sistema pareça ter ficado aquém das características da demanda, é evidente que teve impacto na transformação do espaço público perto dos corredores BRT da cidade. As maiores transformações físicas têm sido tipológicas e na paisagem urbana, pois embora fosse necessário demolir e construir quase 100% das faixas antigas, seu layout foi preservado, mudando completamente sua tipologia, formas de uso e tudo o que gerou em torno dele.



#### 7.1.4. Novo desenvolvimento urbano perto dos principais corredores BRT em Ahmedabad

Novos desenvolvimentos ao longo dos corredores são mais evidentes em áreas economicamente vibrantes, como os corredores Dudeshwar-Delhi Darwaza e Kalupur narod. O primeiro corredor está próximo ao projeto de desenvolvimento do banco do rio Sabarmati, cujo trecho de 10,4 quilômetros ao longo do rio está sendo re-desenvolvido com plataformas, parques e jardins para tornar a área mais acessível ao público. O corredor Kalupur narod também está sendo modernizado, seguindo o re-desenvolvimento dos locais da fábrica têxtil que haviam sido fechados.



Figura 49 – Corredor Kalupur Narod

#### 7.1.5. Modernização urbana do antigo corredor da Avenida Euclid em Cleveland

O projeto urbano do corredor com critérios da paisagem fornece uma estrutura que ajude a unificar o corredor inteiro, mas é por sua vez flexível bastante permitir identificações individuais em cada uma das alas. O pavimento do tijolo da argila, colocou um teste padrão de listras alaranjadas e marrons alternando, dá uma escala humana ao ambiente urbano. Os espaços da planta foram projetados nas medianas e colocados em lâmpadas de rua como o projeto característico elementos, que facilitou a criação da identidade para o corredor e o sistema de BRT na cidade.



Figura 50 – Corredor Av. Euclid em Cleveland

### 7.1.6. Transformações urbanas associadas à inserção do bonde em Bilbao.

A recuperação do bonde da cidade de Bilbao, foi considerada com mais um passo na reconquista da cidade para o pedestre. A promoção do metro (pesado e leve) dentro do seu atual sistema de transportes permitiu a regeneração do estuário. Com o desenvolvimento do metrô, as áreas anteriormente ocupadas por instalações industriais, ferroviárias e portuárias foram transformadas, como extensão e conexão do Ensanche da cidade com o estuário, habitação novos usos (escritórios, habitação, instalações públicas...) emersos dentro de um grande sistema de espaços públicos e áreas verdes.



Figura 51 – Bonde em Bilbao

### 7.1.7. A paisagem do bonde de strass e a recomposição urbana em Estrasburgo.

A política de transportes baseada na LRT de Estrasburgo permitiu o reequilíbrio dos meios de deslocação e uma repartição mais equitativa dos espaços públicos entre pedestres, ciclistas, transportes público e carros.

Um projeto de transporte sustentável como este proporciona a possibilidade de redistribuição do espaço urbano, que não se limita apenas ao centro da cidade no caso de Estrasburgo, mas as mudanças de planeamento urbano e urbano foram para além das necessidades de infraestruturas de transporte. Os princípios que foram considerados para a inserção do LRT, foram: continuidade de ponta a ponta da rede, homogeneidade na qualidade do condicionamento do centro da cidade e da periferia, criação de ciclovias longo dos eixos do bonde e uma forte presença de verde.



Figura 52 – Bonde Estrasburgo



## 7.2. Ferramentas de Urbanismo Tático

Para a melhoria urbana dos corredores BRT existem ferramentas típicas do urbanismo tático (ferramentas de planejamento urbano de baixo custo), que permitem criar espaços públicos garantir a segurança dos pedestres e ciclistas, que podem gerar uma identidade associada a esses novos espaços.

Além disso, as ferramentas de urbanismo tático permitem de testar soluções provisionais de melhoria do espaço urbano para adotar soluções mais pesadas no futuro se as soluções testadas mostram interesse suficiente para os cidadãos.

Algumas dessas ferramentas aplicadas em diferentes elementos do espaço público são:

### 7.2.1. Material de Urbanismo Tático para Ilhas de pedestres

- **Elementos da barreira:** os consoles médios do abrigo têm uma área protegida por um passeio ou por uma barreira entre rotas do curso para fornecer povos que cruzam a rua um lugar seguro para esperar no meio da travessia.
- **Tratamentos de superfície:** as listras exigidas são usadas para definir o cruzamento de pedestres. Os tratamentos coloridos podem igualmente ser adicionados: as travessias artísticas do pedestre integram projetos criativos para acalmar o tráfego e para refletir a identidade da vizinhança.
- **Mobília urbana:** os assentos podem ser apropriados para grandes medianas nas áreas com volumes elevados de atividade do pedestre.
- **Elementos da paisagem:** As medianas podem integrar ajardinar verde e embelezar a rua. Os potenciômetros podem funcionar como barreiras.
- **Sinais:** os sinais exigidos devem seguir os regulamentos atuais, podem incluir sinais do "cruzamento pedestre", sinais de batente ou outro.



Figura 53 – Ilhas de Pedestres

### 7.2.2. Material de Urbanismo Tático para a extensão da calçada:

- **Elementos da barreira:** as barreiras físicas (tais como forros flexíveis, blocos do granito, ou potenciômetros) devem ser usadas para definir o local como uma zona pedestre-somente.

- **Tratamentos de superfície:** as linhas exigidas servem para separar o espaço da extensão do passeio do trajeto existente. Você pode igualmente adicionar tratamentos da cor: você pode usar o pavimento pintado, os murais, ou outros tratamentos de superfície especializados, tais como o cascalho da cola Epoxy, para definir mais o espaço.
- **Mobília urbana:** para grandes extensões do Kerb que funcionam como um espaço, os assentos e os guarda-chuvas podem ser um acessório ideal.
- **Elementos da paisagem:** as extensões do freio fornecem a oportunidade de integrar elementos verdes na paisagem urbana. Em alguns casos, os vasos também podem funcionar como elementos de barreira.
- **Sinais:** os sinais exigidos devem seguir os regulamentos atuais, podem incluir sinais do "cruzamento pedestre", sinais de batente ou outro.



Figura 54 – Projeto Urbanístico

### 7.2.3. Material de Urbanismo Tático para ciclovias

- **Elementos da barreira:** as barreiras físicas (tais como forros flexíveis, cilindros do cartão, ou potenciômetros) podem ser usadas para criar uma pista protegida da bicicleta. As ciclovias protegidas vêm em várias configurações, mas sempre usam um elemento vertical para diferenciar o espaço da bicicleta do espaço de condução.
- **Tratamentos de superfície:** 1) listras: aplique as listras exigidas de acordo com o tipo de instalação. Podem ser linhas brancas contínuas para separar a pista motorizada do veículo de uma pista convencional da bicicleta, ou o desenho das linhas em uma parada da pista da bicicleta; 2) marcas no pavimento: os requisitos variam consoante o tipo de instalação. Recomenda-se incluir a palavra e/ou o símbolo e as setas da pista da bicicleta que indicam o sentido; 3) tratamentos coloridos: pode ser usado para definir melhor a ciclovia, ou para enfatizar a visibilidade da instalação da bicicleta em pontos de conflito.
- **Elementos da paisagem:** considere potenciômetros como um elemento da barreira.
- **Sinais:** os sinais necessários devem seguir os regulamentos atuais, podem incluir "ciclovia" ou "ciclovias" sinais.



Figura 55 – Projeto Urbanístico

#### 7.2.4. Material de Urbanismo Tático para praças e parques:

- **Elementos da barreira:** as barreiras físicas (tais como forros flexíveis ou grandes blocos do granito) devem ser usadas para criar uma borda forte e para definir o lugar como uma zona pedestre.
- **Tratamentos de superfície:** 1) listras: o uso mínimo de 10cm de linhas brancas continuam a separar o quadrado da estrada. 2) tratamentos de cor: os murais especializados ou outros tratamentos de superfície podem ser usados para definir melhor o quadrado ou o espaço do parque.
- **Mobiliário urbano:** cadeiras e mesas móveis são preferíveis. Elementos de sombra também devem ser adicionados em climas ensolarados/quentes.
- **Elementos da paisagem:** as plantas, as árvores e outras cortesias da paisagem contribuem extremamente a fazer ao quadrado um espaço acolhedor para permanecer e socializar.
- **Sinais:** divulgar o programa e/ou explicar o projeto. Você também pode ser obrigado a comunicar as regras de uso do espaço público (não fumar, etc.).
- **Agendar atividades:** Ativar praças e parques com programação é a chave para o sucesso. Eventos e atividades podem incluir aulas de ginástica, música ao vivo, caminhões de alimentos, mercados de agricultores, etc.



Figura 56 – Projeto Urbanístico

### 7.3. Criação da marca para o BRT

O sucesso dos sistemas BRT pode ser facilitado pela criação de um programa de identidade eficaz que transmita uma imagem positiva aos usuários a fim de captar sua atenção e alcançar sua aceitação. Uma imagem normalizada facilmente identificável com o novo modal de transporte permite uma melhor visualização deste modal do território -os cidadãos reconhecem facilmente onde o modal está percorrendo- e facilita também uma melhor percepção do modal e disposição para o seu uso.

A criação de uma marca relevante e convincente e uma identidade credível e eficaz para o sistema BRT deve ser acompanhada por um design amigável e distintivo do próprio sistema e suas estações, que deve ser tem um design atraente e funcional.

Pode ser relevante que o desenvolvimento do novo sistema BRT da cidade seja sobre a criação de algum elemento icônico associado, por exemplo, com as estações, o com o tratamento das faixas reservadas para ônibus. Itajaí como cidade turística deve tirar proveito de seus próprios elementos, neste caso ligado ao seu sistema de transporte.

Um exemplo evidente desta estratégia, reconhecido no mundo inteiro, e a política de desenho das estações de BRT de Curitiba (imagem da esquerda). Essa estratégia foi anos depois reproduzida em múltiplas cidades do mundo, por exemplo as bocas de metro de Bilbao (imagem da direita).



Figura 57 – Projeto de Marca do BRT em Curitiba (esquerda) e estações de metro de Bilbao (direita)

Exemplos de estações projetadas para sistemas BRT podem ser as estações de BRT/movimentação de metal modular, que chegam ao local de implantação montada, permitindo uma grande velocidade e agilidade ao mesmo tempo de uma alta qualidade no produto final. Estes abordam questões de sustentabilidade e acessibilidade. É econômico tanto em sua implementação e em sua manutenção, tem um sistema de uso de luz e ventilação interna, e é 100% acessível. O controle de acesso à estação é feito através dos carretéis. O uso do vidro e das placas perfuradas para o cerco lateral permite a visibilidade, a iluminação e a ventilação natural. Além disso, a forma dos módulos procura fundir-se com a paisagem usando o conceito de "mais um ônibus".



Figura 58 – Projeto de Marca do BRT para Belo Horizonte

#### 7.4. Uso de energias renováveis no BRT

Até recentemente, a mobília urbana foi projetada cumprir uma função específica, mas o emergence dos conceitos tais como a sustentabilidade aumentou seu uso para a eficiência energética, podendo incorporar dispositivos turbinas fotovoltaicas ou eólicas que permitam obter economias de energia significativas, sem perder a finalidade para a qual foram concebidas.

Desta forma, o mobiliário urbano sustentável combina funcionalidade, design, integração com a paisagem urbana e qualidade ambiental, contemplando aspectos como a poupança de energia. Paradas de ônibus recebem muitas horas de sol por dia, permitindo que você use o telhado dos ismas para colocar painéis solares, e que servem como elementos urbanos gerando energia. Há algumas cidades onde suas paradas já cumprem esta função. Em Los Angeles, ou San Francisco algumas de suas paradas têm built-in painéis solares para capturar a energia do sol.



Figura 59 – Projeto de PED

Outro exemplo são os dosséis do hospital del alto Deba, para o telhado de vidro de que têm inserido vários painéis solares, que permitem produzir eletricidade continuamente. Os painéis solares não são a única fonte de energia que os dosséis usarão. Eles também têm built-in minissistema de geração de vento para converter a força do vento em eletricidade.



Figura 60 – Projeto de PED

## 8. PLANO CONCEITUAL DE IMPLANTAÇÃO

### 8.1. Objetivos

Este capítulo tem por objetivos, apresentar uma **sequência lógica de desenvolvimento do sistema projetado por fases** sucessivas, identificando as prioridades de desenvolvimento de acordo com a contribuição relativa de cada trecho para a melhoria da mobilidade regional e sua viabilidade técnica e financeira. Assim, geralmente se anteciparam as fases onde poderão ser alcançados melhores relações de custo-benefício (maior demanda por menor custo), deixando-se para fases subsequentes aquelas partes das redes propostas onde mais incerteza é esperada.

Também, procura-se facilitar **diretrizes para a conceitualização dos princípios de implantação da infraestrutura prevista** no território da Foz do Rio Itajaí. Se propõe uma estratégia para empreender a sequência de execução dos trabalhos considerando o sistema e infraestrutura viários existentes. No caso da construção da transposição do Rio Itajaí, indica-se as técnicas construtivas a serem empregadas.

### 8.2. Unidades de Desenho do Sistema Projetado

Em próxima fase de trabalhos, será necessário estudar nos correspondentes estudos de viabilidade e (EVTEA), projetos básicos e projetos executivos os detalhes todos do sistema proposto. Para isso, propõe-se na sequência uma discriminação lógica de segmentos do sistema que possam constituir as diferentes unidades (ou lotes) para a elaboração desses projetos. Cada um destes trechos têm uma dimensão adequada para um estudo em maior detalhe (entre 5 e 10km), umas características do trecho relativamente uniformes, e uma lógica de implantação e operação também comum. Os seguintes desvelam-se como relevantes:

1. Segmento Itajaí – Navegantes Aeroporto (fase inicial sem ponte, fase final com ponte)
2. Segmento Nações (BC) – Balneário de Camboriú (Univali / Hospital)
3. Segmento Nações (BC) – Tabuleiro – Camboriú Prefeitura
4. Segmento Nações (BC) – Itajaí
5. Segmento Navegantes Aeroporto – Gravatá (e extensão Penha e Balneário Piçarras)
6. Segmento Balneário de Camboriú – Itapema – Porto Belo – Bombinhas
7. Serviços interurbanos a Luiz Alves, Ilhota e Brusque



Figura 61 –Indicação do início e fim das Unidades de Desenho do Sistema Projetado, classificados de acordo com os critérios do Sistema Central (verde), Sul (vermelho) e Norte (azul).

### 8.3. Desenvolvimento do Sistema por Fases

Para definir uma lógica de desenvolvimento do sistema por fases, adota-se uma técnica de priorização relativa dos diferentes segmentos no tempo. Esta técnica se baseia em observar tanto o interesse relativo de implantação de cada segmento (de acordo com os benefícios que esse segmento aporta para as coletividades locais e regionais) como na sua viabilidade de implantação (de acordo com elementos como se o segmento requiere de obras de urbanização relevantes ou de grandes desapropriações, ou se não requiere).

Assim, segmentos com um elevado interesse para as coletividades e uma alta viabilidade terão que ser priorizados frente aqueles que ou bem tem um menor interesse relativo porque contribuem menos na melhoria da mobilidade geral da região ou bem apresentam uma menor viabilidade de implantação.

O **interesse da implantação** abrange diferentes aspectos que determinam a necessidade de desenvolver um segmento antes do que outros. Nesse sentido, são considerados os aspectos a seguir:

- Contribuição à melhoria da mobilidade: a partir da demanda ordinária de passageiros. As estimações para o horizonte de 2045, apresentadas na imagem a seguir, indicam que os trechos do Sistema Central (Navegantes-Itajaí, Itajaí-Balneário de Camboriú e os ramais até Camboriú e Univali (Hospital)) são os que apresentam uma maior previsão de deslocamentos e nos que, por tanto, resulta necessário priorizar a implantação da infraestrutura para o BRT, frente outros trechos de menor demanda (como por exemplo Bombinhas – Porto Belo no sistema Sul).
- Fomento do Transporte Coletivo entre os turistas. A chegada de turistas gera complicações nos tráfegos da região, especialmente nos acessos aos municípios balneários com maior vocação turística. Pretende-se captar parte desta demanda de mobilidade no sistema BRT implantado. Os trechos entre os principais destinos turísticos e o Aeroporto têm um interesse destacado nesta racionalidade.

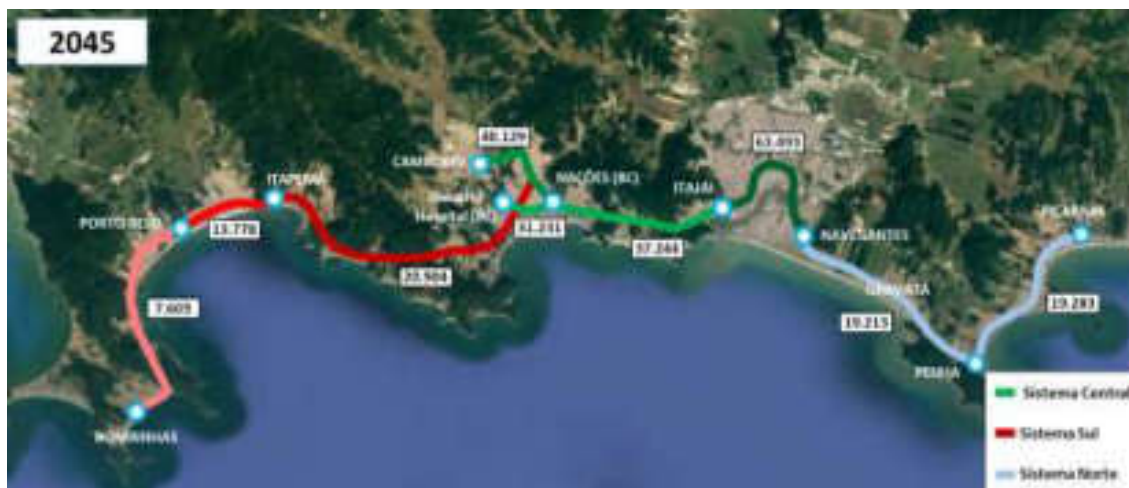


Figura 62 – Demanda diária em um dia padrão. Horizonte de Estudo para 2045. Estimativa inicial IDP-BM.

A **viabilidade da implantação** considera a facilidade para a implantação dos segmentos, tanto no âmbito técnico como no administrativo. Nesse sentido, são considerados os aspectos a seguir:

- Trama urbana adequada para inserir a infraestrutura do BRT prevista. Segmentos com ruas e vias com a largura e distribuição de faixas adequada para implantar a infraestrutura prevista são mais viáveis do que outros segmentos onde são necessários trabalhos de readequação de larguras e faixas. Mais detalhadamente:



- 1) os trechos urbanos de Itajaí, a implantação é majoritariamente simples, com ruas e vias de larguras superiores a 15 metros, com faixas para ônibus já previstas e em alguns casos já em processo de implantação.
  - 2) Em Navegantes e Camboriú, a trama urbana é mais complexa. Ainda assim a previsão é de implantar o BRT na trama atual com critério de transformar faixas de carros para faixas de ônibus. Em Balneário de Camboriú a trama urbana também é complexa pois, ainda existem algumas ruas relativamente largas (mais de 20 metros), não existem muitas vias de apoio para a mobilidade longitudinal (a diferença de em Itajaí).
  - 3) Nos sistemas Norte e Sul de maneira geral o sistema se adapta às vias existentes.
- Necessidade de abertura de novas vias e outras obras de grande porte.

Em Balneário de Camboriú, Itajaí e Ipanema está prevista a implantação do sistema sobre algumas vias novas que já estão sendo executadas pelas Prefeituras. Porém, até as vias estarem finalizadas será necessário efetivar o sistema para o curto prazo. Estas vias já previstas e sobre as quais o sistema de BRT se apoia são: 1) binário Balneário de Camboriú – Itajaí, 2) trecho final da via expressa portuária entre R.Heitor Liberato e R.Irineu Bornhausen (em Itajaí) e 3) 3ª Avenida em Itapema.

Porém, existem algumas novas vias propostas por causa do BRT: 1) acessos à nova ponte Itajaí-Navegantes, 2) novas vias de ligação entre o fundo do bairro de Tabuleiro e o centro de Camboriú. Estas duas ligações requerem algumas desapropriações de prédios já existentes. E 3) novas vias ligando a Av. Pref. José Juvenal Mafra – R.Timóteo Perfeito Flôres em Gravatá (que não requerem de desapropriações de prédios existentes, mas sim de urbanização de vias em regiões ainda em desenvolvimento).

Em base nestas considerações é realizada a priorização de atuação nos diferentes segmentos analisados. A tabela a seguir mostra a priorização de atuação nos diferentes corredores do sistema, onde são valorados os 2 critérios explicados anteriormente em uma escala de + (prioridade baixa) até +++++ (prioridade elevada).

**Tabela 39 – Prioridade de implantação dos corredores a partir do nível de interesse e viabilidade.**

SISTEMA	CORREDOR	INTERESSE DA IMPLANTAÇÃO	VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO	PRIORIDADE DE IMPLANTAÇÃO
SISTEMA CENTRAL	Navegantes Aeroporto – Itajaí (sem ponte)	+++++	+++++	0
	Navegantes Aeroporto – Itajaí (com ponte)	+++++	+++	1
	Itajaí - Nações (BC)	++++	++	2
	Nações (BC) - 3a Avenida - Univali / Hospital (BC)	++++	+++	1
	Nações (BC) – Tabuleiro (Camboriú) – Camboriú Prefeitura	++++	+++	1
SISTEMA SUL	Bombinhas – Porto Belo	+	+++	4
	Porto Belo - Itapema	++	++	4
	Itapema – Balneário de Camboriú	+++	+++++	2
SISTEMA NORTE	Balneário Piçarras-Penha	++	++	4
	Penha - Navegantes	+++	+++	3

Em base aos níveis de interesse e viabilidade das atuações nos diferentes corredores, a implementação foi dividida em 5 fases diferenciadas. Na seguinte tabela mostra aos corredores classificados nas diferentes fases de implementação.

Tabela 40 - Classificação dos corredores em fases de implantação.

FASE	CORREDOR
FASE 0	Navegantes Aeroporto – Itajaí (sem ponte)
FASE 1	Navegantes Aeroporto – Itajaí (com ponte)
	Nações (BC) - 3a Avenida - Univali / Hospital (BC)
	Nações (BC) – Tabuleiro (Camboriú) – Camboriú Prefeitura
FASE 2	Itajaí - Nações (BC)
	Itapema – Balneário de Camboriú
FASE 3	Penha - Navegantes
FASE 4	Bombinhas – Porto Belo
	Porto Belo - Itapema
	Balneário Piçarras-Penha

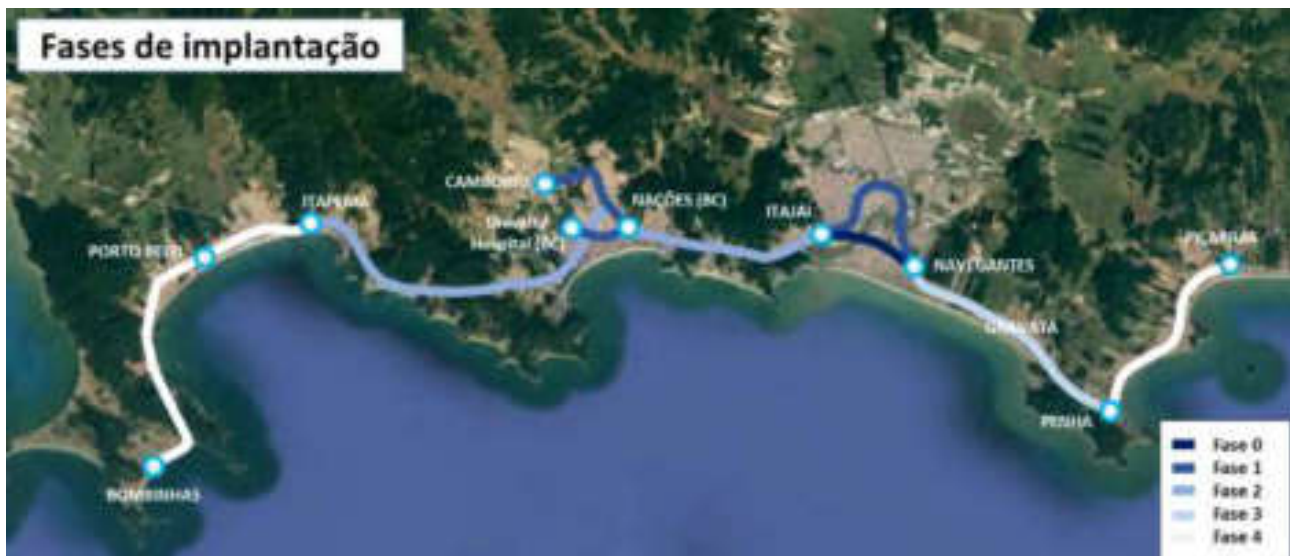


Figura 63. Classificação dos corredores em fases de implantação.

#### 8.4. Proposta para implantação do BRT sem Ponte (Fase 0)

Pode-se observar que a na primeira fase (Fase 0) de implantação encontra-se o corredor que conecta o aeroporto de Navegantes com a estação Terminal Fazenda de ônibus, esta primeira fase considera a “ferry Boat Itajaí-Navegantes” como ponto de conexão da linha até que a ponte seja construída.

A implantação do corredor que liga Navegantes com Itajaí, é proposta na primeira fase devido à alta contribuição à melhoria de mobilidade do conturbado Itajaí – Navegantes. Também teria que ter um alto número de turistas potenciais que poderiam usar o serviço (hipóteses a ser validada pelos estudos de demanda em curso). Por isso, propor-se uma alternativa a curto prazo até que a ponte seja finalizada que ligaria Itajaí com Navegantes mediante o “Ferry Boat”.

- A proposta para o curto prazo de traçado na cidade de Itajaí coincide com a proposta para o longo prazo até o ponto de parada de embarque do “Ferry Boat”, na interseção entre a Rua Samuel Heusi e a Avenida Prefeito Paulo Bauer.
- Para o traçado em Navegantes, partindo do aeroporto, propor-se um traçado coincidente com a proposta a longo prazo até a Avenida Portuária. Desde esse ponto o traçado segue pela Avenida Portuária para continuar pela Rua Aníbal Gaya até virar na Avenida Santos Dummont para voltar no aeroporto, onde finalmente o traçado continua pela Avenida Nereu Liberato Nunes até o aeroporto, onde o último tramo também coincide com a proposta a longo prazo.



Figura 64. Proposta de traçado para a conexão entre Navegantes (aeroporto) e Itajaí (Terminal Fazenda) a curto prazo (sem ponte).

### 8.5. Estratégia geral de implantação da infraestrutura prevista

Na sequência são apresentadas as diretrizes gerais para a implantação dos segmentos do sistema, diretrizes a serem aprofundadas nos diferentes EVTEA, projetos básicos e projetos executivos a serem desenvolvidos no futuro.

De forma geral apontam-se os seguintes princípios:

1. Implantação inicial de faixas preferenciais para ônibus nos segmentos que não precisam de obras de modificação das caixas das vias.
2. Construção dos trechos sobre binários
3. Construção dos trechos requerendo de desapropriações severas.

#### Apio do sistema nos binários existentes na região

Para os novos binários sendo construídos, propor-se que em

- uma primeira fase seja construída as novas vias previstas para a constituição dos binários. Estas novas vias terão que adaptar-se a caixa prevista para a implantação do BRT.
- uma segunda fase, o tráfego atual da via existente traslada-se para a nova via construída. Isso permite trabalhar com menores afetações sobre a via atual para fazer os ajustes de caixa necessários.
- finalmente, o tráfego pode já circular sobre o binário o sistema BRT pode começar a operar.

### 8.6. Área de implantação de canteiros de obras

Neste capítulo apresentam-se as diferentes áreas identificadas para a implantação das instalações provisórias durante as obras de cada um dos segmentos. As superfícies foram escolhidas a partir de imagens de satélite obtidas em julho de 2019 (Google Earth, 2019). Foram identificadas parcelas vazias e

áreas não desenvolvidas coincidentes com o traçado do BRT, para assim diminuir o impacto nos residentes e facilitar a implantação das ações.

Sendo que a tipologia do BRT e uma obra linear de longo porte em um entorno muito urbanizado, pode ser necessária a habilitação de diversos canteiros de pequena dimensão ao longo da traça prevista.

Os canteiros dos trechos entre Itajaí e Morretes não foram indicados, esse corredor discorre pela rodovia e não precisam de atuações significativas e por tanto não precisa de canteiros de muita superfície, ademais, a leve urbanização do entorno fornece de muito espaço para as instalações provisionárias si precisasse em algum trecho.

#### 8.6.1. Canteiros para o Sistema Central





### 8.6.2. Canteiro para o Sistema Sul





**Canteiros para o Sistema Norte**









### 8.6.3. Necessidades de desapropriações

Para a análise das expropriações, foi feita uma primeira classificação das diferentes seções de acordo com o tipo de afetação que acontece. As diferentes seções foram classificadas nas seguintes tipologias:

- **Sem afetação da via:** a seção proposta se encaixa na seção atual da estrada
- **Extensão da via:** a seção proposta exige uma extensão da seção da via atual
- **Nova via:** é proposta uma nova vi

As estradas classificadas como "Ampliação da estrada" e "Nova estrada" são aquelas que requerem liberação de superfície para implementar à seção proposta. Para as seções a serem ampliadas, foi identificada a largura necessária a ser ampliada de acordo com a largura atual das diferentes vias. Para as novas vias, foi tomado o valor da largura da seção proposta.

Finalmente, uma segunda classificação foi feita de acordo com o nível de afetação. As diferentes seções foram classificadas nas seguintes tipologias:

- **Afetação muito leve:** as áreas afetadas são áreas sem edifícios ou infraestrutura (florestas e prados)
- **Ligeira afetação:** a área afetada passa por terrenos vazios ou áreas de cultivo (pomares e lotes urbanos vazios)
- **Alta afetação:** a área afetada contém paredes residenciais e comerciais sem afetar construções muito consolidadas
- **Afetação muito alta:** a área afetada contém edifícios muito consolidados (casas, lojas e fábricas)

A partir das larguras a serem aumentadas e a largura da seção das novas faixas, juntamente com o comprimento das seções, foi calculada a superfície necessária a ser desapropriada. Abaixo estão as desapropriações estimadas por sistema e nível de envolvimento:

**Tabela 41 - Superfície a desapropriar (m<sup>2</sup>)**

	Sistema Central	Sistema Norte	Sistema Sul	Sistema Oeste	Total
<b>Muito leve</b>	113.942	44.421	10.380	0	<b>131.050</b>
<b>Leve</b>	14.357	0	568	0	<b>18.565</b>
<b>Alta</b>	7.011	5.228	4.820	0	<b>15.758</b>
<b>Muito alta</b>	67.844	0	1.322	0	<b>69.399</b>
<b>Total</b>	<b>165.462</b>	<b>47.999</b>	<b>21.312</b>	<b>0</b>	<b>234.773</b>

Observa-se que a maior área a ser desapropriada está no Sistema Central, com mais de 165 mil metros quadrados, seguido pelo Sistema Norte, com quase 48 mil, e pelo Sistema Sul, com 21 mil. O sistema Oeste, formado pelas linhas que ligam Itajaí e Navegantes a Luiz Alves, Ilhota e Brusque, não precisam de expropriações.

Cabe mencionar que a maioria das desapropriações estão planejadas dentro do planejamento municipal atual, não são propostas de este projeto. Na tabela seguinte, se mostra as desapropriações estimadas, sem considerar aquelas devidas ao planejamento municipal atual, por sistema e nível de envolvimento:

**Tabela 42 - Superfície a desapropriar (m<sup>2</sup>)**

	Sistema Central	Sistema Norte	Sistema Sul	Sistema Oeste	Total
<b>Muito leve</b>	5.533	44.421	10.380	0	<b>60.334</b>
<b>Leve</b>	14.357	0	4.208	0	<b>18.565</b>
<b>Alta</b>	1.519	3.578	5.169	0	<b>10.267</b>
<b>Muito alta</b>	7.167	0	1.555	0	<b>8.723</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28.577</b>	<b>47.999</b>	<b>21.312</b>	<b>0</b>	<b>97.888</b>

Sem considerar as atuações atuais do planejamento, as expropriações são reduzidas para mais da metade e ocorrem no Sistema Central, as atuações correspondem aos projetos do Binário de Balneário e da Avenida Portuária de Itajaí. Então, a superfície proposta pelo projeto de BRT a ser desapropriada é inferior a 100 mil metros quadrados. O Sistema Norte e o Sul mantiveram o valor e o Sistema Central se tornou o menor número de expropriações necessárias, com um valor próximo de 29 mil metros quadrados.

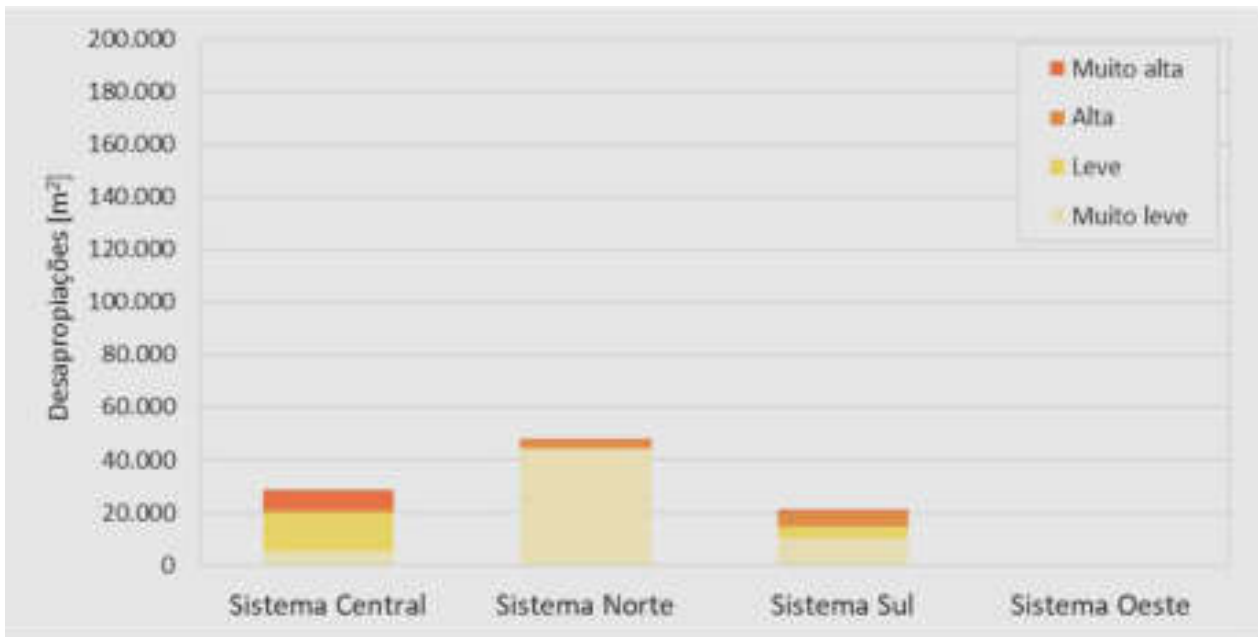


Figura 65 – Superfície proposta a desapropriar sem considerar planejamento atual (m²).

## **9. ANEXOS**

**9.1. ANEXO I – DRENAGEM**

**9.2. ANEXO II – PONTE SOBRE RIO ITAJAÍ**

**9.3. ANEXO III – OBRA DE ARTE ESPECIAIS**

**9.4. ANEXO IV – SINALIZAÇÃO**

