

Priscila Lopes

**ANÁLISE DE FATORES DE ATRAÇÃO E REJEIÇÃO NA  
IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE BRT EM CANTEIRO  
CENTRAL DE RODOVIAS – ESTUDOS DE CASO: BR-101/SC E  
BR-282/SC**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Liseane Padilha Thives.

Coorientador: Prof. Dr. Werner Kraus Jr.

Florianópolis  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lopes, Priscila

Análise de fatores de atração e rejeição na  
implantação de estações de BRT em canteiro central de  
rodovias - Estudos de caso: BR-101/SC e BR-282/SC /  
Priscila Lopes ; orientadora, Liseane Padilha  
Thives, coorientador, Werner Kraus Jr., 2018.  
205 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Estação de BRT. 3.  
Rodovia. 4. Atratividade. 5. Poluição sonora. I.  
Thives, Liseane Padilha. II. Kraus Jr., Werner.  
III. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. IV.  
Titulo.

Priscila Lopes

**ANÁLISE DE FATORES DE ATRAÇÃO E REJEIÇÃO NA  
IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE BRT EM CANTEIRO  
CENTRAL DE RODOVIAS – ESTUDOS DE CASO: BR-101/SC E  
BR-282/SC**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 21 de março de 2018.

Prof. Glicério Trichês, Dr.  
Coordenador do Curso

---

Prof.<sup>a</sup> Liseane Padilha Thives, Dr.<sup>a</sup> – Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Werner Kraus Jr., Dr. – Coorientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Gustavo Garcia Manzato, Dr. (vídeo conferência)  
Universidade Estadual Paulista

---

Prof. Samuel Steiner, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Glicério Trichês, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina



*Quando o teu gesto não diz  
Contradiz o que diz  
Tua opinião.  
Lembra que o sonho é possível  
Mirar o invisível  
Sem perder a razão.*

Quando, Pedro Munhoz.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelos dons que recebi e por me dar aquilo que me sustenta espiritualmente: minha família e meus amigos.

À minha família, pais, irmãs, cunhado, sobrinhos, avós, tios e tias, primos e primas, agradeço pelo apoio, compreensão e incentivo, não apenas durante o período do mestrado, mas durante toda a minha vida. Foi pelo incentivo dela, especialmente, que me inscrevi no vestibular para Engenharia Civil, um curso supostamente masculino.

Durante o curso, meu maior desejo era encontrar meios de conciliar a Engenharia Civil com o mundo que eu gostaria de construir, por isso procurei formas de aplicar os conhecimentos adquiridos em algo que de fato fizesse a diferença, de forma positiva, na sociedade. Através do mestrado, consegui realizar esse desejo e isso graças aos meus orientadores, que me guiaram por esse caminho por vezes complicado.

À professora Liseane e ao professor Werner agradeço imensamente por partilhar comigo seus conhecimentos, pela orientação prestada, pelos conselhos e por terem me auxiliado em meu amadurecimento profissional.

Aos professores Glicério, Samuel e Gustavo, sou muito grata pelas suas contribuições na avaliação da banca, pois com certeza auxiliaram no polimento e refinamento da pesquisa.

À Priscila e à Mari, da secretaria do programa, agradeço de forma especial por todas as dúvidas tiradas e também pela motivação nas horas difíceis.

Às bibliotecárias da BU, obrigada por serem tão atenciosas e não me deixarem sair sem uma dúvida não resolvida.

Os amigos são aqueles que nos ajudam na manutenção de nossa saúde mental, por isso sou muito grata por tê-los. Aos colegas de disciplinas, Lídia, Sara, Lucas, Ana Cláudia e Moisés, obrigada pela parceria e ensinamentos compartilhados.

Aos colegas do Observatório da Mobilidade da UFSC, Geruza, Daniela, Eduardo, Diego, Célio, Guilherme, Kaliu, Renan, Lesy, Diogo, Marcele, David, Nelly, Tiago, Lucas, Laís e Rafael muito obrigada pelas dúvidas tiradas, pelas conversas que trazem alívio em meio às muitas tarefas e pelas pizzas.

Às amigas do coletivo Mulheres na Engenharia e às amigas da graduação, Ingrid, Lídia, Grazi e Fernanda, obrigada por serem refúgio, referência, alicerce e exemplos de engenheiras fantásticas.

Ao grupo de leitura Leia Mulheres e seus participantes, muito obrigada por me ajudarem a não me afastar de uma de minhas grandes paixões: a leitura.

Aos diversos amigos que auxiliaram nas medições, Daniela, Ingrid, Renan, Abel, Eder, André e Lídia – sem vocês como eu terminaria a dissertação? Muito obrigada.

Aos meus queridos amigos “além-UFSC”, Duda, Gabe, Felipe, Hélio, Bia, Helena, André. Sou eternamente grata à Pastoral da Juventude por ter colocado vocês em meu caminho e a vocês por não terem saído dele. Um obrigada do tamanho do nosso sonho; obrigada pelo apoio, incentivo; pelos abraços, encontros, lanches; pela motivação, utopia; pelas conversas e especialmente pela presença.

Aos amigos Simão, Liandra e Karol, agradeço tanto pelo incentivo quanto por me proporcionarem momentos de afastamento e descanso, tão fundamentais diante da pressão de um mestrado acadêmico.

A André, obrigada por ser mais do que um grande amigo, pela ajuda com as palavras nos momentos de bloqueios e por estar disponível quando eu precisei.

Agradeço à CAPES, pela bolsa concedida, a qual contribuiu enormemente à realização desta pesquisa.



## RESUMO

As rodovias brasileiras de classe elevada (0 e I) são projetadas para proporcionar alta capacidade de tráfego, dentro de um nível de serviço desejado. Por vezes, rodovias dessas classes em meio urbano podem apresentar espaços para implantação de corredores exclusivos para transporte coletivo, em geral no centro da via. Entretanto, as rodovias são consideradas pelos pedestres como ambientes pouco atrativos, perigosos e como barreiras ao uso de serviços de transporte coletivo. Para implantar uma estação no centro da rodovia o projeto do sistema deve possuir medidas de mitigação dos desconfortos, para que consiga atrair passageiros à estação. Esta pesquisa descreve, diagnostica e propõe soluções para os principais problemas, a serem equacionados, em um projeto de implantação de estações do sistema de BRT no canteiro central de rodovias de alta capacidade de tráfego, sobretudo quanto a problemas relacionados à pavimentação, ao tráfego, à estação e à acessibilidade, com ênfase no ruído do tráfego. O método proposto consistiu em revisar estudos de contextos construtivos semelhantes e sistematizar a bibliografia pesquisada em diretrizes de projeto, as quais orientaram a elaboração dos estudos de caso e estabeleceram limites de conforto a serem aplicados. Os estudos de caso foram na BR-101/SC e da BR-282/SC, em trechos inseridos na Grande Florianópolis, por serem corredores estruturadores para a mobilidade urbana da Região Metropolitana de Florianópolis. Os principais fatores de atração que justificam a implantação da estação no local definido foram: proximidade com locais de alta densidade populacional e de polos geradores de empregos; conectividade da estação com as vias locais e marginais da rodovia. Os principais fatores de rejeição referem-se ao desconforto sonoro e térmico, à poluição atmosférica e a algumas características da área de abrangência que prejudicam a acessibilidade, como as condições de manutenção das ruas, das calçadas, baixa diversidade do comércio local e nível de ruído (BR-101/SC). A pesquisa também concluiu que as diretrizes de projeto elaboradas auxiliam na aplicação dos estudos de caso, pois incluem a identificação dos fatores de rejeição e de atração, a proposição de medidas mitigadoras e o dimensionamento da estação. Ao seguir as diretrizes propostas é possível implantar estações no centro de rodovias que sejam atrativas.

**Palavras-chave:** estação de BRT, canteiro central de rodovia, atratividade, poluição sonora.



## ABSTRACT

High-class Brazilian highways (0 and I) are designed to provide high traffic capacity, within a desired level of service. Sometimes, roads of these classes in urban areas may present spaces for the implantation of exclusive corridors for collective transportation, usually in the center of the road. However, highways are considered by pedestrians as unattractive, dangerous environments and as barriers to the use of public transport services. In order to deploy a station in the center of the highway, the system design must have discomfort mitigation measures in order to attract passengers to the station. This research describes, diagnoses and proposes solutions to the main problems in a BRT system deployment project at the median highway construction site, especially in relation to problems regarding to pavement, traffic, station and accessibility, with emphasis on traffic noise. The proposed method reviewed studies of similar constructive contexts and systematized the bibliography researched in design guidelines, which guided the elaboration of the case studies and established limits of comfort to be applied. The case studies were in BR-101/SC and BR-282/SC, in stretches inserted in Greater Florianópolis, as they are structural corridors for the urban mobility of the Metropolitan Region of Florianópolis. The main attraction factors that justify the establishment of the station in the defined place were: proximity to places of high population density and poles that generate jobs; connectivity of the station with the local and marginal roadways of the highway. The main rejection factors are noise and thermal discomfort, atmospheric pollution and some features of the area that affect accessibility, such as the conditions of street maintenance, sidewalks, low diversity of local commerce and noise levels (BR-101/SC). The research also concluded that the elaborated design guidelines help in the application of the case studies, since they include the identification of rejection and attraction factors, the proposition of mitigating measures and the design of the station. By following the proposed guidelines it is possible to deploy stations in the center of roads that are attractive.

**Keywords:** BRT station, highway median, attractiveness, noise pollution.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rodovias de estudo destacadas em vermelho: BR-101/SC: km 203-208; e BR-282/SC: km 0-5,6 (sem escala).....	26
Figura 2 – Comparativo entre cenários estudados a partir do balanço socioeconômico (VPL, taxa de desconto=12% - R\$ MM). .....	35
Figura 3 – Exemplos de corredores e estações do Sistemas de BRT: a) Quito (Equador); b) Guangzhou (China); c) Rio de Janeiro (Brasil); d) Brisbane (Austrália).....	36
Figura 4 - Nível sonoro de referência ( $L_{oi}$ ) conforme tipo de veículo e velocidade.....	46
Figura 5 – Estação-tubo de Curitiba (Brasil) e plataforma projetada.....	63
Figura 6 – Detalhe (azul) para plataformas (estação e ônibus) encaixadas. ....	63
Figura 7 – Exemplos de <i>Perceptual Links</i> : a) <i>Big Blue Bus Stops</i> (EUA); b) Metrô de Bilbao (Espanha); c) <i>Omoide no Shotokyo</i> (Lembrança da velha e pequena Tóquio) (EUA). .....	70
Figura 8 – Posicionamento da estação em relação ao corredor e parada de ônibus convencional: a) Quito – centro; b) Guangzhou – lateral; c) São Paulo – parada convencional. ....	73
Figura 9 – Configurações de estação conforme a plataforma: a) Única; b) Escalonada; c) Dupla separada. ....	75
Figura 10 – Intervenções arquitetônicas em estações elevadas: a) <i>Full Knot<sup>1</sup></i> ; b) <i>Viaduct Path Above<sup>2</sup></i> ; c) <i>Viaduct Path Below<sup>3</sup></i> ; d) <i>Bridge<sup>4</sup></i> .....	77
Figura 11 – Estação Novo Hamburgo (Novo Hamburgo, RS) modelo similar de intervenção <i>Path Below</i> : a) Conexão de acesso à estação; b) Estação e trilho elevados; c) Vão abaixo da estação; d) Estação (construção). ....	78
Figura 12 – Representação do Contorno de Florianópolis (verde).....	79
Figura 13 – Localização provável das estações de BRT na rodovia BR-101/SC, ao norte da BR-282/SC.....	81
Figura 14 – Localização provável das estações de BRT na rodovia BR-282/SC. ....	81
Figura 15 – Diagrama da pesquisa.....	84
Figura 16 - Esquematisação dos elementos do dimensionamento da estação de BRT. ....	93
Figura 17 – Localização das rodovias BR-101/SC e BR-282 (sem escala). ....	97
Figura 18 – Localização da Estação Correios, BR-101/SC (São José), km 203 Sul e Estação Lédio, BR-282/SC (São José), km 4,5 (sem escala). ....	98
Figura 19 – Limites da área de abrangência da estação Correios.....	101
Figura 20 – Estação Correios: Densidade populacional (hab/ha) caminhada (amarelo).....	102
Figura 21 – Estação Correios: Zoneamento urbano e caminhada (amarelo)....	103
Figura 22 – Estação Correios: Uso do solo e caminhada (amarelo).....	103
Figura 23 – Estação Correios: Densidade de empregos (empregos/ha) e caminhada (amarelo). ....	105
Figura 24 – Viadutos das Ruas do Iano (a) e Antônio Schroeder (b).....	106

Figura 25 – Calçadas área de abrangência estação Correios: a) Calçada danificada; b) Vegetação sobre a calçada; c) Piso podotátil não contínuo; d) Calçada quebrada.....	106
Figura 26 – Calçadas área de abrangência estação Correios: a) Rebaixamento do meio fio; b) Calçada danificada; lote malconservado; Desnível na calçada; d) Calçada inadequada; e) Piso podotátil não contínuo. ....	107
Figura 27 – Polos de atração da área de abrangência da estação Correios. ....	110
Figura 28 – Local na BR-101/SC para medição de $L_{Aeq}$ (sem escala).....	111
Figura 29 - Local de medição na BR-101/SC, em frente à PRF, pontos B1 e B2 e distância para o centro de cada sentido (sem escala). ....	112
Figura 30 – $L_{Aeq}$ medido e calculado nos pontos B1 e B2. ....	113
Figura 31 – $L_{Aeq}$ medido e calculado com correção nos pontos B1 e B2. ....	114
Figura 32 – Seção transversal do viaduto (medidas em centímetros). ....	119
Figura 33 – Configuração para posicionamento dos ônibus na estação para embarque/desembarque (sem escala).....	120
Figura 34 – Vista esquemática dos ascensores da estação na área de acesso (vermelho) e os viadutos (amarelo) (sem escala).....	121
Figura 35 – Simulação estação Correios na lateral da marginal da BR-101/SC. ....	123
Figura 36 – Posicionamento de porta: a) Ônibus com porta à esquerda; b) Ônibus com porta à direita (sem escala). ....	124
Figura 37 – Limites da área de abrangência da estação Lédio. ....	127
Figura 38 – Estação Lédio: Densidade populacional (hab/ha) caminhada (amarelo). ....	128
Figura 39 – Estação Lédio: Zoneamento urbano e caminhada (amarelo). ....	129
Figura 40 – Estação Lédio: Uso do solo e caminhada (amarelo). ....	129
Figura 41 – Estação Lédio: Densidade de Empregos (empregos/ha) e caminhada (amarelo). ....	130
Figura 42 – Viaduto sobre a Rua Koesa. ....	131
Figura 43 – Calçada e ruas próximas à Estação Lédio: a) Calçada mal conservada; b) Lixo e calçada danificada; c) Viaduto da Rua Koesa; d) Inexistência de faixa de pedestre; e) Meio fio não rebaixado; f) Calçada danificada; g) Ponto de ônibus. ....	132
Figura 44 – Nomenclatura das vias projetadas (sem escala).....	134
Figura 45 – Representação do binário constituído na intersecção da BR-282/SC com a R. Koesa (as setas nas vias indicam o sentido do tráfego) (sem escala). ....	135
Figura 46 – Seção transversal OAE – lado esquerdo.....	135
Figura 47 – Corte longitudinal da estrutura da OAE (sentido: Pontes – BR-101) (sem escala). ....	136
Figura 48 – Perfil longitudinal da via (linha vermelha), do viaduto (sólido laranja) e do terreno (linha verde) (sem escala).....	136
Figura 49 – Polos de atração da área de abrangência da estação Lédio. ....	138
Figura 50 – Local na BR-282/SC para medição de $L_{Aeq}$ (sem escala).....	139

Figura 51 - Local de medição na BR-282/SC, em frente ao posto de gasolina Shell, pontos A1, A2 e A3 e distância para o centro de cada sentido (sem escala). .....	139
Figura 52 – $L_{Aeq}$ medido e calculado nos pontos A1, A2 e A3. ....	140
Figura 53 – $L_{Aeq}$ medido e calculado com correção nos pontos A1, A2 e A3. ....	141
Figura 54 – Vista em planta dos ascensores da estação na área de acesso (vermelho) e os viadutos (amarelo) (sem escala). .....	146
Figura 55 – Proposta de faixa exclusiva com faixa de ultrapassagem (medidas em centímetros). ....	148
Figura 56 – Desnível entre estação e viaduto (medidas em metros; sem escala). .....	149





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação do nível de ruído de uma fonte a partir da pressão sonora medida.....	43
Tabela 2 – Valores de máxima exposição diária permissível de acordo com o nível de ruído (para ruído contínuo ou intermitente). ....	44
Tabela 3 – Limites máximos de pressão sonora.....	44
Tabela 4 – Nível de pressão sonora equivalente em relação ao volume de tráfego.....	47
Tabela 5 – NPS em sistemas de BRT. ....	48
Tabela 6 – $L_{Aeq}$ e tráfego na Av. Beira-mar norte. ....	50
Tabela 7 – Limites máximos de emissão de gases poluentes para veículos novos (g /km). ....	54
Tabela 8 – Níveis de referência para concentração de $PM_{2,5}$ e $PM_{10}$ no ar atmosférico ( $\mu g/m^3$ ). ....	54
Tabela 9 – Valores de albedo de diferentes superfícies. ....	57
Tabela 10 – Percepção térmica relacionada à PET e à grade de estresse fisiológico.....	58
Tabela 11 – PET e Temperatura do ar próxima a diferentes superfícies não sombreadas. ....	59
Tabela 12 – Temperatura superficial de diferentes revestimentos. ....	61
Tabela 13 – Densidade populacional sugerida pela literatura. ....	66
Tabela 14 – Distância entre receptor e fonte para diferentes cenários de NPS. ....	89
Tabela 15 – Limites de conforto a serem atendidos.....	91
Tabela 16 – Características da estação de BRT e da área de abrangência recomendadas. ....	92
Tabela 17 – Composição modal em diferentes cenários. ....	94
Tabela 18 – Volume aproximado de veículos diário, por hora e em 10 minutos, rodovia BR-101/SC. ....	109
Tabela 19 – $L_{Aeq}$ medido com sonômetro e calculado pelas Equações 1 e 2.....	113
Tabela 20 – Valores de pressão sonora ajustados para o canteiro central da rodovia.....	115
Tabela 21 – Comparação de $L_{Aeq}$ medido, calculado e da literatura. ....	115
Tabela 22 – Volume de passageiros da Estação Correios considerando os passageiros atuais do transporte coletivo e da troca modal.....	117
Tabela 23 – Volume futuro total e da hora-pico de passageiros da Estação Correios. ....	117
Tabela 24 – Linhas e frequências do corredor de BRT da BR-101/SC conforme projeto operacional original. ....	117
Tabela 25 – Linhas e frequências do corredor de BRT da BR-101/SC após adaptações.....	118
Tabela 26 – Sistematização dos resultados parciais do cálculo de dimensionamento da estação. ....	119
Tabela 27 – Volume aproximado de veículos por hora e em 10 minutos rodovia BR-282/SC.....	133

Tabela 28 – $L_{Aeq}$ medido com sonômetro e calculado pelas equações 1 e 2. ....	140
Tabela 29 – Valores de pressão sonora ajustados para o canteiro central da rodovia.....	141
Tabela 30 – Comparação de $L_{Aeq}$ medido, calculado e da literatura. ....	142
Tabela 31 – Volume de passageiros da Estação Lédio considerando os passageiros atuais do transporte coletivo e da troca modal.....	143
Tabela 32 – Volume futuro total e da hora-pico de passageiros da Estação Lédio.....	143
Tabela 33 – Linhas e frequências do corredor de BRT da BR-282/SC conforme projeto operacional original.....	144
Tabela 34 – Sistematização dos resultados parciais do cálculo de dimensionamento da estação. ....	145
Tabela 35 – Síntese dos principais resultados dos estudos de caso. ....	152
Tabela 36 – Síntese dos principais resultados dos estudos de caso (cont.). ....	153

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAUQ – Areia-Asfalto Usinado à Quente  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ABRASPE – Associação Brasileira de Pedestres  
ADB – *Asian Development Bank*  
AMC – Área Mista Comercial  
AMS – Área Mista de Serviços  
APTA – *American Public Transportation Association*  
ARM – Área Residencial Mista  
ARP – Área Residencial Predominante  
BRT – *Bus Rapid Transit*  
CALTRANS – *California Department of Transportation*  
CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina  
CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente  
CCP – Concreto de Cimento Portland  
CEASA – Central de Abastecimento  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CPA – Camada Porosa de Atrito  
CUB – Custo Unitário Básico  
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito  
DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem  
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes  
EPA – *Environmental Protection Agency*  
EUA – Estados Unidos da América  
FHWA – *Federal Highway Administration*  
FTA – *Federal Transit Administration*  
GoKP – *Government of Khyber Pakhtunkhwa*  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICU – Ilha de Calor Urbana  
ITDP – *Institute for Transportation & Development Policy*  
ITS – *Intelligent Transport Systems*  
JICA – *Japan International Cooperation Agency*  
MRT – *Mass Rapid Transit*  
NBR – Norma Brasileira  
NCHRP – *National Cooperative Highway Research Program*  
NPS – Nível de Pressão Sonora  
NR – Norma Regulamentadora  
OAE – Obra de Arte Especial  
OD – Origem-Destino

OMS – Organização Mundial da Saúde  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PDA – *Peshawar Development Authority*  
PET – *Physiological Equivalent Temperature*  
PLAMUS – Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis  
PM – *Particulated Material*  
PNMU – Política Nacional de Mobilidade Urbana  
PRF – Polícia Rodoviária Federal  
RMF – Região Metropolitana de Florianópolis  
SC – Santa Catarina  
SUDERF – Superintendência de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis  
TCRP – *Transit Cooperative Research Program*  
TICEN – Terminal Integrado do Centro  
TSD – Tratamento Superficial Duplo  
USP – Universidade de São Paulo  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina  
UV - Ultravioleta  
VLT – Veículo Leve sobre Trilhos  
VPL – Valor Presente Líquido

## **SUMÁRIO**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>25</b>
1.1 OBJETIVOS	28
<b>1.1.1 Objetivo Geral</b>	<b>28</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos</b>	<b>28</b>
1.2 JUSTIFICATIVA	29
1.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	31
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA	31
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>33</b>
2.1 MOBILIDADE URBANA	33
<b>2.1.1 Escolha do modo de transporte do PLAMUS</b>	<b>34</b>
<b>2.1.2 Concepção e Implantação de Sistemas BRT</b>	<b>35</b>
2.2 ATRATIVIDADE DO SISTEMA	39
<b>2.2.1 Tráfego e pavimento</b>	<b>40</b>
<b>2.2.2 Estação</b>	<b>62</b>
<b>2.2.3 Acesso à estação</b>	<b>64</b>
2.3 CONCEPÇÃO DE PROJETO DA ESTAÇÃO	71
<b>2.3.1 Locação da estação</b>	<b>72</b>
<b>2.3.2 Configurações de estações</b>	<b>72</b>
<b>2.3.3 Dimensionamento da estação</b>	<b>75</b>
<b>2.3.4 Intervenções arquitetônicas em estações elevadas</b>	<b>76</b>
2.4 PROJETOS EXISTENTES PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS	79
<b>2.4.1 Contorno Rodoviário de Florianópolis</b>	<b>79</b>
<b>2.4.2 Projeto Consórcio Via Expressa</b>	<b>80</b>
<b>2.4.3 Observatório da Mobilidade – UFSC</b>	<b>80</b>
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>83</b>
3.1 ETAPA 1: IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	84
3.2 ETAPA 2: IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES DE ATRAÇÃO	85

3.3 ETAPA 3: IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES DE REJEIÇÃO	86
3.4 ETAPA 4: IDENTIFICAÇÃO DAS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO	88
3.5 ETAPA 5: ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES DE PROJETO	90
3.6 ETAPA 6: ESTUDOS DE CASO	96
<b>4 ESTUDO DE CASO: ESTAÇÃO CORREIOS</b>	<b>101</b>
4.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA ESTAÇÃO	101
4.2 FATORES DE ATRAÇÃO E REJEIÇÃO	109
4.3 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO	116
4.4 MEDIDAS MITIGADORAS	121
4.5 ESTAÇÕES NAS LATERAIS	123
<b>5 ESTUDO DE CASO: ESTAÇÃO LÉDIO</b>	<b>127</b>
5.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA ESTAÇÃO	127
5.2 PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA BR-282/SC	133
5.3 FATORES DE ATRAÇÃO E REJEIÇÃO	137
5.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO	143
5.5 MEDIDAS MITIGADORAS	146
<b>5.5.1 Alterações no Projeto de Ampliação da BR-282/SC</b>	<b>146</b>
<b>5.5.2 Mitigação dos fatores de rejeição</b>	<b>149</b>
5.6 ESTAÇÕES NAS LATERAIS	150
5.7 SÍNTESE DOS ESTUDOS DE CASO	152
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>155</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>159</b>
<b>APÊNDICE A</b>	<b>181</b>
<b>APÊNDICE B</b>	<b>183</b>
<b>APÊNDICE C</b>	<b>185</b>
<b>APÊNDICE D</b>	<b>187</b>
<b>APÊNDICE E</b>	<b>189</b>
<b>APÊNDICE F</b>	<b>191</b>
<b>APÊNDICE G</b>	<b>193</b>
<b>APÊNDICE H</b>	<b>195</b>
<b>APÊNDICE I</b>	<b>197</b>

<b>APÊNDICE J</b>	<b>199</b>
<b>APÊNDICE K</b>	<b>201</b>
<b>APÊNDICE L</b>	<b>203</b>
<b>APÊNDICE M</b>	<b>205</b>
<b>APÊNDICE N</b>	<b>207</b>





## 1 INTRODUÇÃO

Os problemas de dificuldade de deslocamento na região da Grande Florianópolis são recorrentes para seus habitantes e foco de estudo por pesquisadores da área. Estes com frequência, afirmam que a solução inclui a priorização do transporte coletivo. A pesquisa de soluções que sejam viáveis do ponto de vista técnico e econômico é uma tarefa que envolve diversas áreas de estudo, como engenharia de infraestrutura, de tráfego e rodoviária, urbanismo, economia, dentre outras. Duas das principais vias de elevado volume de tráfego da Região Metropolitana de Florianópolis (RMF) são analisadas com esse intento, explorando-se a ideia de que esses problemas podem efetivamente ser resolvidos ou amenizados com medidas que conectem essas vias a boas propostas para o transporte coletivo.

As rodovias podem ser projetadas para atender a diferentes classes de projeto, relativas à funcionalidade que se deseja proporcionar: mobilidade e/ou acessibilidade. As rodovias de classe elevada (0 e I) devem proporcionar alta capacidade de tráfego, por isso são construídas com múltiplas faixas de rolamento por sentido de tráfego, com controle de acessos e com cruzamentos em desnível (DNER, 1999). Eventualmente, a função da rodovia pode ser alterada em decorrência de demandas que surjam na região em que está implantada.

Na RMF, as rodovias BR-101/SC e BR-282/SC possuem trechos com as características de uma rodovia de Classe I-A (nível elevado), mas tem-se observado uma necessidade de alteração de sua função. Os trechos aqui estudados e que se adequam aos critérios da Classe I-A são: quilômetros 203-208 Sul, na BR-101/SC e quilômetros 0,0-5,6, na BR-282/SC (Figura 1).

Figura 1 – Rodovias de estudo destacadas em vermelho: BR-101/SC: km 203-208; e BR-282/SC: km 0-5,6 (sem escala).



Fonte: Adaptado de Google Maps (2016).

Em 2014 foi realizado um estudo abrangente da mobilidade da RMF chamado de PLAMUS (Plano de Mobilidade Urbana e Sustentável da Grande Florianópolis). As principais constatações do PLAMUS foram o predomínio de viagens com transporte individual (74% automóveis e 13% motocicletas, para 3% de ônibus), concentração de empregos e serviços na parte insular de Florianópolis (48,7%), predomínio de residências na região continental (61,3%) e infraestrutura viária deficitária com limitações para expansão física (PLAMUS, 2014a; LOGIT et al., 2015b). A única conexão viária entre Florianópolis (parte insular) e sua porção continental, assim como ao restante do estado de Santa Catarina, é através de três pontes (Figura 1): Governadores Pedro Ivo Campos, Colombo Salles e Hercílio Luz (esta última, contudo, encontra-se atualmente (2018) em reformas).

A ocupação do solo identificada na RMF segue um modelo predominantemente disperso, fragmentado, horizontal e, por consequência, pouco denso (PLAMUS, 2014a; SUGAI, 2015).

Como consequência desse panorama da RMF ocorre diariamente um movimento pendular de pessoas entre a região insular e a

continental. As principais vias utilizadas nesse movimento diário são as rodovias BR-101/SC e BR-282/SC (PLAMUS, 2014c).

Considerando que a expansão física da infraestrutura viária existente seria uma solução paliativa para os problemas de mobilidade observados na RMF, o PLAMUS propõe a priorização do transporte coletivo como a solução mais adequada. Deste modo, o estudo aponta as rodovias BR-101/SC e BR-282/SC como eixos estruturantes da mobilidade da RMF e que, portanto, devem compor o sistema de transporte coletivo previsto recebendo corredores exclusivos de BRT (*Bus Rapid Transit*), preferencialmente no centro de cada via (LOGIT et al., 2015a). Contudo, não foram previstas estações de BRT nos corredores das rodovias BR-101/SC e BR-282/SC (LOGIT et al., 2015a).

Bravo et al. (2016) e Sadowski et al. (2016) concluíram que estações de BRT no canteiro central da BR-101/SC e da BR-282/SC, respectivamente, teriam demanda de viagens suficiente para justificar economicamente a sua implantação. Observa-se, no entanto, que a perspectiva de demanda para as estações não deve ser o único fator avaliado.

Como locar uma estação em um canteiro central de rodovia, como acessar uma estação que se encontra em meio a diversas faixas de rolamento e elevado volume de tráfego, por exemplo, são questionamentos importantes a serem respondidos para então determinar se um projeto de implantação de estações de BRT em canteiros centrais seria exequível ou não.

Acrescenta-se ainda o desafio de proporcionar um ambiente atrativo que induza demanda e adesão de usuários ao sistema de transporte coletivo. Sobre esse problema, Loukaitou-Sideris et al. (2013) afirmam que corredores em *freeways* criam barreiras significativas ao acesso por parte dos usuários e reduzem a acessibilidade às estações.

Cervero et al. (1995) identificou que estações de transporte metroviário no canteiro central de *freeways* representam barreiras ao movimento e ampliam esse conceito de barreira, afirmando que essas estações não são apenas barreiras físicas, mas representam barreiras visuais, psicológicas e simbólicas. Shaffer (2012) também destaca o risco à saúde ao que os usuários estão expostos em estações no centro das *freeways*.

Neste contexto, a presente pesquisa propõe-se a investigar as possíveis dificuldades na implantação de estações de BRT no canteiro central de rodovias, abordando este problema sob dois aspectos. O primeiro é referente à atratividade de uma estação de BRT em canteiro

central de rodovia e o segundo é relativo à sua localização nesse canteiro, contemplando seu dimensionamento.

Para isso, serão realizados dois estudos de caso, onde serão aplicadas diretrizes para o projeto da estação, a fim de atender um determinado nível de conforto. As diretrizes de projeto serão elaboradas a partir da sistematização da literatura técnica. Atualmente, não há pesquisas, projetos ou estudos de caso sobre a implantação de estações de BRT em canteiro central de rodovias de alto volume de tráfego. Assim, na identificação especialmente dos desafios, serão usados os resultados de pesquisas que possuem objetivos diferentes daqueles que estão sendo buscados aqui, mas cujos resultados podem ser aproximados dos problemas abordados nesta pesquisa.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é descrever, diagnosticar e propor soluções para a implantação de estações de BRT no canteiro central de rodovias de alta capacidade de tráfego que sejam atrativas aos usuários.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral desta pesquisa, é necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- i. Analisar a área de entorno e o acesso às estações;
- ii. Definir o local de implantação das estações nas rodovias;
- iii. Estabelecer dimensões mínimas para as estações de brt dos estudos de caso;
- iv. Diagnosticar os principais obstáculos para os usuários decorrentes da implantação da estação no canteiro central da rodovia;
- v. Definir diretrizes urbanísticas que tornem a área de abrangência das estações mais atrativas aos usuários do transporte coletivo;
- vi. Determinar diretrizes de mitigação quanto aos efeitos da poluição sonora, da poluição atmosférica e do desconforto térmico.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

As rodovias BR-101/SC e a BR-282/SC são importantes corredores urbanos para a RMF. Atualmente, são muito utilizadas pelos veículos motorizados individuais, com uma média de 1,29 pessoas por veículo (LOGIT et al., 2015b). Por outro lado, essas rodovias são subutilizadas por veículos de transporte coletivo, porque predominam os veículos individuais e porque não há uma preferência para o transporte coletivo (LOGIT et al., 2015b).

Segundo estudos realizados pelo PLAMUS (LOGIT et al., 2015b), em 2040, com um sistema de BRT completo, mais de 43 mil pessoas seriam transportadas por essas rodovias na hora pico da manhã (quase 4 vezes o número de passageiros que hoje cruzam as pontes diariamente), caso existisse um corredor exclusivo para ônibus.

Contudo, mesmo com o avanço nas pesquisas e no planejamento de transportes, alguns desafios nesse projeto de implantação ainda não estão resolvidos. A diversificação de pontos de acesso (locais para embarque/desembarque) para os usuários ao sistema de transporte coletivo é um desses.

A existência de um corredor nas rodovias BR-101/SC e BR-282/SC poderia proporcionar diversos benefícios à mobilidade urbana. Pesquisas mostraram que a implantação conjunta de estações para embarque e desembarque maximizaria os benefícios, devido à demanda de passageiros. Esses estudos mostraram que todas as estações hipotéticas nessas rodovias teriam demanda de passageiros maior do que o mínimo (2.500 pessoas/dia<sup>1</sup>) usualmente adotado como justificativa para a implantação de uma estação de transporte coletivo (BRAVO et al., 2016; SADOWSKI et al., 2016).

A implantação de estação como a que se pretende investigar gera também alguns impedimentos para a atração e a adesão dos usuários. Sites especializados em transporte e urbanismo afirmam que estações de transporte coletivo (trem ou BRT) não são compatíveis com rodovias ou *freeways*. Por si mesmas as rodovias representam desconfortos a quem mora próximo a ela, como é o caso de moradores vizinhos à BR-282/SC, que afirmam acordar à noite devido ao ruído produzido pelos veículos (GONÇALVES, 2017).

As principais justificativas da percepção dessa incompatibilidade, são de que as rodovias em si não permitem um desenvolvimento de vizinhanças amigáveis, que elas têm um grande potencial de dividir

---

<sup>1</sup> André Fialho, comunicação pessoal (2016).

comunidades e que os principais serviços que atraem são postos de gasolina, oficinas mecânicas, galpões, estacionamentos e similares (*The Transport Politic*, 2011; *Critical transit*, 2013).

Ao considerar a possibilidade de instalação de uma estação de transporte coletivo ao lado ou no centro de rodovias ou *freeways*, os posicionamentos contrários são ainda maiores. Apontam-se como principais problemas a dificuldade de cruzar as diversas faixas de rolamento; a insegurança e o desconforto proporcionados nessa travessia e pela proximidade com os veículos quando as pessoas já estão na plataforma; e a poluição sonora e atmosférica em decorrência do grande volume de veículos trafegando na rodovia (*Seattle Transit Blog*, 2009; *The Transport Politic*, 2011; *Critical transit*, 2013; *Pedestrian Observations*, 2014). Isto é, existe a percepção de que estações em canteiro central não ofereceriam um ambiente amigável aos usuários do transporte coletivo (*Estolano LeSar Perez Advisors*, 2012; *Critical transit*, 2013).

A percepção dos usuários quanto a rodovias de alto volume de tráfego e/ou estações no centro de *freeways* é corroborada por alguns estudos acadêmicos. A exposição a elevados níveis de ruído foi comprovada por Shafer (2012) nas 16 estações das Linhas Verde e Ouro, em Los Angeles (EUA). Segundo Úlyseia Neto e Dias (2003), as rodovias duplicadas afastam os pedestres por não serem convidativas. Isso se deve ao que costuma ser chamado de “efeito barreira” e ocorre mesmo quando existem equipamentos de transposição.

Essa barreira é composta por quatro fatores, conforme Cervero et al. (1995) afirmaram: física, visual, psicológica e simbólica. A rodovia é uma barreira física, porque oferece restrições ao acesso de pedestres; por estar em um nível diferente das demais vias, impede que se veja a cidade do outro lado, representando uma barreira visual. Por diversos fatores, a rodovia oferece riscos à segurança dos pedestres e por isso, representa também uma barreira psicológica. Ainda, a rodovia é entendida pelos pedestres como um local a que ele não é bem-vindo ou que não pertença, representando então uma barreira simbólica.

Os autores (CERVERO et al., 1995) ainda destacam que uma estação no centro de uma *freeway* atrai 7% menos de viagens, evidenciando o efeito negativo que a implantação de estações em canteiro central pode ter no número de passageiros.

Shaffer (2012) destaca que embora estações no centro de rodovias sejam mais baratas e fáceis de construir, em relação a outros locais, a experiência dos passageiros que aguardam o transporte pode ser desagradável e afastar potenciais usuários. Por isso o autor afirma que

as agências de trânsito devem estar atentas a esse desconforto e projetarem mitigações correspondentes.

A justificativa desta pesquisa reside na tentativa de oferecer mais uma caracterização destes problemas e na proposição de soluções para eles.

### 1.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa possui algumas limitações. A primeira refere-se a realização de medição *in loco* apenas do nível de pressão sonora, faltando os poluentes atmosféricos, de temperatura e sensação térmica. A segunda limitação é a não consulta à população da área de abrangência das estações, a fim de ter a indicação da população se ela utilizaria a estação, que fatores a atrairiam ou a fariam repelir a estação. A terceira limitação, e a mais importante, é não comprovação empírica da aplicação dos resultados produzidos, uma vez que não é possível construir estações de teste para monitorá-las, no tempo e recurso disponíveis para este estudo.

### 1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

A pesquisa está estruturada em seis capítulos, como segue.

O Capítulo 2, Revisão Bibliográfica, apresenta o estado da arte, as principais contribuições da área sobre assuntos relacionados à implantação de estações em rodovias do sistema BRT que se relacionam com pontos desta pesquisa, quais sejam, os componentes do sistema BRT e da estação; sobre os desafios à atratividade de estações localizadas em canteiro central de rodovias; sobre o problema da locação de estações, tendo em vista sua funcionalidade e atratividade; sobre o que tem se pesquisado na área acerca das demandas dos usuários de transporte coletivo; sobre os projetos e estudos que têm sido desenvolvidos para as áreas dos estudos de caso.

No Capítulo 3, Metodologia, é apresentado o método que consiste em revisar estudos de outros contextos construtivos e de ambientes construídos que possam tanto antecipar os problemas que podem ocorrer no caso de uma implantação de estação nas condições aqui propostas quanto apontar as possíveis soluções. Estão inclusos ainda contagem de tráfego das rodovias, medição com sonômetro e a aplicação em dois estudos de caso. Sintetiza-se a revisão de literatura propondo um guia para a realização dos estudos de caso, no qual são estabelecidos os

limites de conforto que devem ser atendidos e as medidas de mitigação a ser adotadas.

No Capítulo 4, Estudo de caso: Estação Correios, apresenta-se o estudo desenvolvido para uma estação no centro da BR-101/SC, desde as análises da área de abrangência, o dimensionamento da estação, a identificação dos fatores de atração e rejeição até a sugestão de medidas mitigadoras a serem implantadas. Ao final, discute-se a viabilidade de implantar as estações nas laterais da rodovia de estudo.

O Capítulo 5, Estudo de caso: Estação Lédio, apresenta o estudo uma estação no centro da BR-282/SC: análises da área de abrangência, de projetos existentes para a região, dimensionamento da estação, identificação de fatores de atração/rejeição, sugestão de medidas mitigadoras a serem implantadas e discute-se viabilidade de implantar as estações nas laterais da rodovia. Ao final, elabora-se uma tabela síntese dos principais resultados dos estudos de caso.

O Capítulo 6, Conclusão, conclui a pesquisa apontando os principais resultados obtidos.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre os sistemas de BRT existentes no mundo e uma caracterização dos principais fatores de sucesso e insucesso da implantação do sistema. Além disso, os fatores que determinam a atratividade ou a rejeição por parte dos usuários, recomendações sobre a acessibilidade e locação da estação e sobre os materiais mais adequados para tais fins.

### 2.1 MOBILIDADE URBANA

No Brasil, o Congresso Nacional aprovou em janeiro de 2012 a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) através da Lei nº 12.587/2012. Esta lei se refere a um conjunto de medidas para a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território das grandes cidades brasileiras. O objetivo da PNMU é

contribuir para o acesso universal à cidade, o fomento e a concretização das condições que contribuam para a efetivação dos princípios, objetivos e diretrizes da política de desenvolvimento urbano, por meio do planejamento e da gestão democrática do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012).

O Sistema Nacional de Mobilidade Urbana refere-se ao conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, de serviços e de infraestruturas que garante os objetivos da PNMU, ou seja, os deslocamentos de pessoas e cargas no território do município (BRASIL, 2012).

A Lei nº 12.587/2012 (BRASIL, 2012) apresenta classificações e definições pertinentes a sua aplicação e que, a partir de sua promulgação, devem ser adotadas por planejadores urbanos. Assim, mobilidade urbana é, por definição da lei, “condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano” (BRASIL, 2012). Mobilidade urbana não é um indicador dessa condição, mas possui indicadores que podem avaliar a qualidade da condição de deslocamento, que envolve tempo e velocidade de deslocamento, acessibilidade, modos de transporte urbano disponíveis, dentre outros (ITDP, 2016).

O transporte urbano é uma ferramenta da mobilidade urbana, que se divide em transporte urbano público e privado, com suas respectivas subdivisões (BRASIL, 2012).

Nesta pesquisa, será dada ênfase ao transporte urbano público coletivo. Ainda, procura-se agregar outras ferramentas da mobilidade urbana, como o solo urbano e o ambiente construído.

No grupo dos transportes coletivos estão inclusos ônibus, trens, Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), barco, entre outros. Tendo em vista que no PLAMUS avaliou-se que a adoção do sistema de BRT na RMF proporcionaria o melhor custo-benefício (PLAMUS, 2014a), esta pesquisa abordará esse sistema baseado no ônibus.

Esta seção apresenta a justificativa do PLAMUS, os principais elementos do sistema de BRT e como influenciam no desempenho geral do sistema.

### **2.1.1 Escolha do modo de transporte do PLAMUS**

No estudo do PLAMUS foram simulados três modos de transporte, a fim de determinar qual seria o mais adequado para a RMF, tendo como fundamentação avaliações multicritério, socioeconômica e financeira. Complementarmente, considerou-se diferentes cenários de desenvolvimento e alternativas de troncalização. Os modos foram: BRT, combinação de BRT e VLT e combinação de BRT e monotrilho (LOGIT et al., 2015a).

A avaliação multicritério utilizou seis macrocritérios, divididos, em: a) viabilidade: retorno econômico, investimentos necessários, subsídio para operação e retorno financeiro; b) impacto social: abrangência territorial e inclusão social; c) serviço ao usuário: tempo de viagem, conforto e segurança; d) perfil dos modos: porcentagem de transporte coletivo e de modo não-motorizado; e) impacto ambiental: meio físico e poluição; e, f) implementabilidade: tempo de implementação, inovação e revisão dos contratos.

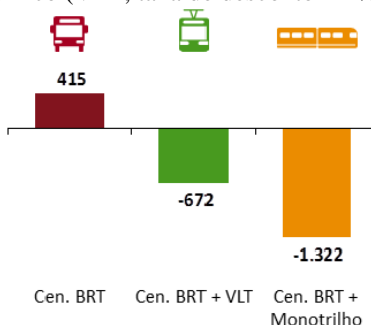
A avaliação socioeconômica analisou a relação custo-benefício a partir de variáveis como: tempo de viagem, custos ambientais, custos de acidentes, custos operacionais e investimentos necessários.

A avaliação financeira avaliou a sustentabilidade de cada cenário através das receitas (tarifárias e não-tarifárias), investimentos em bens de capital e subsídios.

Então, a metodologia utilizada atribuiu pontos e pesos aos critérios para comparar o balanço socioeconômico dos três modos

(Figura 2). Observa-se na Figura 2 que o BRT é o único modo que apresentou saldo positivo.

Figura 2 – Comparativo entre cenários estudados a partir do balanço socioeconômico (VPL, taxa de desconto=12% - R\$ MM).



Legenda: Cenário BRT; Cenário BRT e VLT; Cenário BRT e Monotrilho.

Fonte: Logit et al. (2015a).

A partir do resultado da avaliação multicritério, foi recomendado, no PLAMUS, a implantação de um sistema de BRT na Região Metropolitana de Florianópolis (LOGIT et al., 2015a).

## 2.1.2 Concepção e Implantação de Sistemas BRT

Atualmente, 206 cidades no mundo têm implementado o sistema de BRT, o que representa pouco mais de 34,6 milhões de passageiros transportados diariamente e 5.581 km de corredores construídos (BRTDATA, 2017). Há cidades com sistemas que transportam mais de 2,2 milhões de pessoas por dia, como o TransMilênio em Bogotá, o sistema de BRT que mais transporta passageiros; e outros menores, como o de Auckland (Nova Zelândia), com 22.900 pessoas transportadas/dia (BRTDATA, 2017). O sistema de BRT se aproxima da capacidade de transporte do metrô. Como exemplo, o sistema de metrô da cidade de São Paulo transporta por dia 3,7 milhões de passageiros (SÃO PAULO, 2017).

Esse sistema tem se expandido de modo cada vez mais acelerado e está presente em cidades como Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro (Brasil); Bogotá (Colômbia); Cidade do México (México); Istambul (Turquia); Ahmedabad (Índia); diversas cidades chinesas, como Pequim, Hangzhou, Xiamen, Jinan e Guangzhou (CERVERO, 2013). São encontrados sistemas de BRT também em Brisbane, Adelaide e Sidney

(Austrália); Vancouver e Ottawa (Canadá); Miami, Los Angeles e Cleveland (EUA); Essen (Alemanha) (LEVINSON et al., 2003; CERVERO, 2013; SÃO PAULO, 2013; OzeBus, 2014; Mobilize, 2015; BRT Brasil, 2017). A Figura 3 apresenta exemplos de sistemas de BRT implantados no mundo, especialmente em avenidas e ruas urbanas e todos no centro da via, tanto o corredor como a estação, como é possível observar nas fotos.

Figura 3 – Exemplos de corredores e estações do Sistemas de BRT: a) Quito (Equador); b) Guangzhou (China); c) Rio de Janeiro (Brasil); d) Brisbane (Austrália).



Fonte: ITP World (2017), Brasil (2016) e Rail for the Valley (2015).

Um projeto de implantação do sistema de BRT envolve decisões que dizem respeito à variedade de fatores que o compõe. A seguir, são apresentados estudos que oferecem descrições de sistemas de BRT existentes e recomendações sobre como o sistema deveria ser para obtenção de sua eficácia máxima, além de um panorama dos principais fatores que devem ser considerados na implantação do sistema.

Não há uma definição única do que seria um sistema de BRT e o que o compõe, mas há algumas características que aparecem em todas as descrições. Muitos autores definem o BRT a partir do VLT, colocando-o como um modo de transporte que possui as vantagens do transporte sobre trilhos, porém a um custo muito mais reduzido (CALTRANS,

2007; WRIGHT e HOOK, 2007; CERVERO, 2013). O BRT também é apresentado a partir da comparação com o ônibus convencional, como sendo um modo de transporte rápido, capaz de combinar a qualidade do transporte sobre trilhos e a flexibilidade dos ônibus convencionais (FTA, 2002; CURRIE e DELBOSC, 2011).

Os especialistas em BRT concordam que BRT não é apenas um ônibus, mas um sistema complexo multifacetado, que é capaz de alcançar o bom desempenho do transporte sobre trilhos agregando outras vantagens, oferecendo alta flexibilidade e eficácia para os usuários e custos reduzidos (FTA, 2002; LEVINSON et al., 2003).

Quando os veículos do sistema de BRT operam totalmente em vias exclusivas e protegidas com estações lineares, o sistema de BRT é capaz de ofertar um serviço similar ao sistema metroviário, em capacidade de transporte, velocidade, conforto e frequência (LEVINSON et al., 2003). Por outro lado, o sistema possui também as desvantagens dos veículos sobre rodas, merecendo destaque a poluição sonora e atmosférica, esta devido ao uso de combustíveis fósseis na maioria dos sistemas existentes (LEVINSON et al., 2003; WRIGHT e HOOK, 2007).

Os principais componentes do sistema BRT incluem: corredores exclusivos, estações atrativas, vias estruturadas, veículos especiais de fácil acesso, pagamento de passagem pré-embarque, uso de tecnologias de ITS (*Intelligent Transport Systems*) e alta frequência de serviço (LEVINSON et al., 2003; CALTRANS, 2007; WRIGHT e HOOK, 2007). Todos esses fatores juntos contribuem para a adesão de novos usuários e permanência dos que já aderiram.

O BRT *Standard* 2014 é um programa de avaliação de funcionamento do sistema presente em diversos países e possui um manual de classificação para um sistema de BRT. Para ser reconhecido como “rápido” e ter direito ao “Selo Ouro” (a maior classificação) é necessário (ITDP et al., 2014):

- Localização do corredor no centro da via ou em vias exclusivas para ônibus para minimizar o conflito com veículos realizando conversões, veículos de carga e outras potenciais obstruções;
- Segregação física e fiscalização plena;
- Pagamento pré-embarque;
- Prioridade de passagem em semáforos e proibição para que outros veículos não cruzem a via BRT;
- Plataforma de embarque em nível;

- Ultrapassagem nas estações.

Contudo, a maioria dos sistemas existentes no mundo não adotou todos os critérios de um sistema apto a receber o “Selo Ouro”. A não utilização de corredores ou faixas exclusivas, por exemplo, tende a reduzir a velocidade do sistema.

Na região metropolitana de São Francisco, o serviço de ônibus *San Pablo Rapid* foi planejado baseado na concepção de BRT, porém os planejadores adotaram apenas algumas características do sistema completo, recebendo a classificação de BRT *lite*. Esse sistema não utiliza faixas exclusivas e as estações estão na lateral; após 13 anos de implantação verificou-se que as melhorias adotadas (preferência em intersecções e sinais semafóricos) não foram significativas o bastante para atrair o número de passageiros desejado (MARTIN e LANDAU, 2017).

O caso do BRT *lite* exemplifica a afirmação de Cervero (2013) de que os sistemas com tráfego misto são os mais lentos e que os que utilizam vias dedicadas nas laterais geralmente dependem de barreiras físicas ou marcadores para separar o tráfego regular dos ônibus de BRT.

Desta maneira, para alcançar os níveis máximos de eficiência do sistema, a colocação do corredor de BRT em faixas laterais deve ser evitada. O mais comum é se implantar os corredores exclusivos no centro da via.

Além da localização do corredor, o projetista especifica o material de pavimentação a ser utilizado. Segundo as concepções de projeto de implantação do sistema, para o corredor utiliza-se pavimento rígido, em função de sua durabilidade e resistência, comparado ao pavimento flexível (WRIGHT e HOOK, 2007; JICA, 2012). A fim de economizar, muitos corredores possuem pavimento rígido apenas nas estações, devido a maior degradação do pavimento nessa região e pela necessidade de uma superfície nivelada para o alinhamento do veículo, adotando pavimento flexível no restante do corredor (WRIGHT e HOOK, 2007).

Na concepção do projeto de implantação do sistema estão incluídas as estações a serem implantadas nos corredores. Estas estão, na maioria das vezes, no canteiro central das vias, no lado esquerdo do corredor (WRIGHT e HOOK, 2007 e CERVERO, 2013). Apesar de ser usual, essa configuração gera desafios aos projetistas, pois estações no centro de rodovias (e *freeways*) representam barreiras aos pedestres, tanto física quanto visual, psicológica e simbólica (CERVERO et al., 1995; LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013).

É necessário investigar que intervenções podem contribuir para a melhoria da acessibilidade das estações e sua conectividade com o tecido urbano circundante (LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013), uma vez que o desempenho conjunto dos corredores, estações e veículos tem impacto significativo na velocidade potencial de operação, confiabilidade, identidade e atração de passageiros (APTA, 2010).

## 2.2 ATRATIVIDADE DO SISTEMA

Existem alguns fatores que demonstram como e por que os usuários se sentem atraídos ou rejeitam o sistema de BRT. Há relação positiva entre a satisfação dos passageiros no transporte público e o crescimento no número de passageiros (WAN et al., 2016).

Em um estudo realizado em Adelaide (Austrália) os autores concluíram que o fator que mais influencia o número de passageiros é o nível de serviço. Além disso observaram que veículos acessíveis e prioridade de passagem segregada têm influência significativa no número de passageiros (CURRIE e DELBOSC, 2011).

O nível de serviço do BRT pode ser definido por uma gama de atributos, como tempo de acesso e de saída (do sistema), frequência, tempo da viagem, características do veículo, integrações, confiabilidade, entre outros. De acordo com as pesquisas de Paulley et al. (2006), os passageiros que aguardam os ônibus preferem fazê-lo em um ambiente confortável, limpo, seguro e protegido das condições meteorológicas.

Em geral, tarifas mais baixas são o principal atrativo do sistema (WARDMAN, 2004; PAULLEY et al., 2006). Porém, quando se trata de atrair usuários de veículos individuais, velocidade, alta frequência e veículos acessíveis podem ser medidas mais atrativas do que tarifas mais baixas (WARDMAN, 2004).

Redman et al. (2013) complementam que promoções e medidas restritivas de tráfego podem atrair esses usuários, em um primeiro momento, mas a fim de mantê-los, é necessário oferecer acessibilidade, confiabilidade e mobilidade. Há casos em que os usuários de carro são mais “emocionalmente ligados” aos seus veículos. Nessas situações, os usuários consideram que menor aglomeração, segurança, boas estações e melhor informação ao usuário seriam mais eficientes do que atributos físicos (maior velocidade e frequência e confiabilidade) (REDMAN et al., 2013).

O revestimento do pavimento e o tipo de rodovia em que estará o corredor de transporte coletivo afeta a atratividade do sistema, porém os estudos não indicam em qual proporção a atratividade é afetada.

Destacam-se, a poluição sonora, a poluição atmosférica e o desconforto térmico, como fatores negativos presentes em estações próximas (ou em) rodovias de elevado volume de tráfego (*Seattle Transit Blog*, 2009; *The Transport Politic*, 2011; *Critical transit*, 2013; *Pedestrian Observations*, 2014).

Os usuários de carro estão menos acostumados do que usuários tradicionais de transporte coletivo a caminhar mais tempo ou esperar por mais tempo pelo ônibus. Dentre os dois fatores, o tempo de caminhada é ainda mais relevante (WARDMAN, 2004).

Por isso, a acessibilidade do sistema e as condições de caminhada na área de abrangência interferem também na atratividade do sistema. Diversos autores afirmam que o ambiente construído ao redor da estação (ou área de abrangência da estação) contribui com a disponibilidade do pedestre em caminhar maiores ou menores distâncias para utilizar a estação (CALTRANS, 2007; WRIGHT e HOOK, 2007; TOWNSEND e ZACHARIAS, 2009; JIANG, ZEGRAS e MEHNDIRATTA, 2012; *The City Fix Brasil*, 2015a).

Em resumo, custo, tempo, conforto, segurança, flexibilidade e comodidade são fatores que interferem, em alguma medida, na atratividade de um sistema de transporte coletivo. Consciente desses diversos fatores, esta pesquisa optou por dar maior ênfase àqueles que podem ser tratados de forma mais quantificável. Esses fatores referem-se ao tráfego, ao pavimento, à estação e ao acesso à estação.

### **2.2.1 Tráfego e pavimento**

Os principais fatores que depreciam o sistema de transporte coletivo relativos ao tráfego e ao pavimento, considerando uma estação de embarque/desembarque em meio a uma rodovia de grande movimento, identificados nesta pesquisa, são poluição sonora, poluição atmosférica e desconforto térmico. Estarão sujeitos à ação desses fatores os usuários do transporte coletivo que aguardam o ônibus na estação, os que já estão dentro do veículo, a vizinhança da estação e os funcionários do sistema de transporte, tanto os que estão na estação quanto dentro do veículo. A seguir são descritos os fatores e suas peculiaridades.

### **Poluição sonora**

Há estudos sobre a poluição sonora e seus efeitos a quem mora próximo a rodovias, porém poucos referem-se aos efeitos na atratividade de um sistema de BRT. Desta forma, os resultados dos estudos relatados



a seguir são aproximados ao propósito da pesquisa, buscando estudos de caso onde houve mensuração dos níveis de ruído, seus efeitos sobre a saúde e algumas formas de minimização de seus efeitos negativos.

A implantação de vias causa impactos, positivos e negativos, em toda a sociedade. Dentre os impactos negativos, pode ser citada a poluição. Poluição é, segundo a Lei nº 6.938/1981, artigo 3ª, inciso III,

a degradação da qualidade ambiental em decorrência de atividades que, direta ou indiretamente, prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; [...] lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. (BRASIL, 1981)

Deste modo, a conseqüente circulação de veículos nessas vias contribui com a poluição atmosférica e com a poluição sonora (ruído) em decorrência do ruído gerado pelos veículos (CERATTI et al., 2009).

De acordo com a norma brasileira NBR-7731 (ABNT, 1983), o ruído pode ser entendido como uma mistura de sons com frequências que não seguem nenhuma lei ou simplesmente como um som indesejável. Entre os ruídos ambientais que mais afetam a população, o ruído do tráfego é um dos mais lembrados (em entrevistas) e identificados em medições (OUI, 2001; ZANNIN, DINIZ e BARBOSA (2002); OLAYINKA (2013).

Como o ruído é uma onda sonora, emite uma pressão sonora. Por isso o entendimento do comportamento de suas frequências e níveis alcançados é determinante quando se busca minimizar seus efeitos. De modo geral, todas as frequências, se elevadas, geram desconfortos: as frequências mais agudas (800 e 1.000 Hz), relacionadas a veículos leves por exemplo geram sons com direção específica e são apontadas como as mais incômodas; as mais graves (63 Hz), relativas aos veículos pesados, como não têm direção específica, a pessoa tem a impressão que o ruído a envolve. A frequência também é proporcional à velocidade do veículo (ASTRANA, 2006; BISTAFA, 2011; KNABBEN, 2012).

O ruído produzido pelos veículos é composto por três parcelas: ruído do pneu, do motor e aerodinâmico (HANSON, JAMES e NeSMITH, 2004). Para velocidade baixas (abaixo de 40 km/h), o ruído predominante é o do motor; para velocidades acima de 40 km/h,

predomina o ruído do pneu (BENDTEN e ANDERSEN, 2005). No corredor de BRT, especialmente próximo às estações, as velocidades são baixas, uma vez que o veículo está desacelerando/acelerando. Porém, na pista de tráfego misto, todos os veículos trafegam a velocidades elevadas. Tendo em vista que o ruído do pneu será predominante na rodovia e no nível de ruído total é importante compreender os mecanismos de geração desse ruído.

O ruído do pneu é provocado pelo contato pneu-pavimento, por isso, é influenciado por três condicionantes: via (textura superficial, propriedades dos agregados e temperatura), pneu (tipo e pressão de inflação) e veículo (tipo, velocidade e condições de condução) (OUI, 2001; CERATTI et al., 2009; KNABBEN, 2012).

Compreender os componentes do ruído, como é formado e quais fatores contribuem mais fortemente com os níveis sonoros medidos também é importante do ponto de vista da saúde da população. Não há um consenso entre a comunidade acadêmica, que pesquisa o efeito do ruído na saúde do ser humano, sobre em que grau a exposição ao ruído causa problemas ou quais seriam esses problemas.

Contudo, há consenso de que o ruído causa problemas à saúde em alguma ordem de grandeza (OMS, 2000; OUI, 2001; PAIVA-VIANA, 2014). Além da perda auditiva quando da exposição prolongada a níveis muito elevados de ruído, os possíveis problemas de saúde decorrentes do ruído são: distúrbios no sono, mudanças de comportamento, dilatação das pupilas, mudanças gastrointestinais, mudanças na produção de certos hormônios (tireoide e adrenalina), mudanças na glicose sanguínea e efeitos cardiovasculares (aumento do batimento cardíaco e hipertensão) (OMS, 2000; OUI, 2001; PAIVA-VIANA, 2014).

Cervero et al. (1995) acrescentam que as vibrações geradas pelo tráfego pesado em *freeways* também podem desencorajar viagens a pé, efeito não desejado quando se planeja um sistema de transporte coletivo atrativo.

Para notar a redução do ruído, é necessário que este seja drasticamente reduzido; caso contrário, subjetivamente, as pessoas terão a sensação de que ele não foi alterado (OUI, 2001). A redução pela metade da potência acústica de uma fonte de som resultará na diminuição de apenas 3 dBA no nível de pressão sonora (NPS), o que, em termos práticos, é pouco perceptível. Afastar-se da fonte sonora o dobro da distância, também reduz o nível de ruído em 3 dBA.

Existem sete níveis de pressão sonora<sup>2</sup>, que variam do muito baixo (limiar do som) ao ensurdecedor. A identificação de cada nível a partir da pressão sonora é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação do nível de ruído de uma fonte a partir da pressão sonora medida.

Nível de ruído	NPS (dBA)	Efeitos	Exemplo de fonte do ruído
<b>Muito fraco</b>	10 a 20	Favorece o descanso	Sussurrar
<b>Fraco</b>	30 a 40	Sensação de bem-estar / Facilita a concentração	Biblioteca/ Conversação silenciosa
<b>Moderado</b>	50 a 60	Facilita a comunicação/ Permite a comunicação	Conversação normal/ Conversação alta
<b>Moderado/ Forte</b>	70 a 80	Redução da capacidade de concentração/ Comunicação verbal difícil	Aspirador/ Despertador de campainha
<b>Forte</b>	90 a 100	Mal-estar e desequilíbrio/ Perda de audição a longo prazo	Piano tocando forte/Caminhão
<b>Muito Forte</b>	110 a 120	Perda de audição a curto prazo/ Risco grave de perda de audição	Concerto de rock/Decolagem de avião a jato
<b>Ensurdecedor</b>	130 a 140	Trauma acústico, rompimento do tímpano	Arma de fogo

Fonte: Adaptado de Brüel e Kjaer (2000) e Ouis (2001).

Brüel e Kjaer (2000) mediram que a conversação gera um nível sonoro de 60 dB (A); o trabalho em indústria, 80 dB (A); e o tráfego, 90 dB (A).

Os veículos pesados contribuem significativamente para a poluição sonora gerada pelo tráfego (OUIS, 2001; MEIARASHI, 2004; DONOVAN e JANELLO, 2017). Segundo os experimentos conduzidos por Donovan e Janello (2017), um veículo pesado (caminhão ou ônibus) pode produzir ruído equivalente ao ruído produzido por 10 veículos de passeio.

<sup>2</sup> O nível de pressão sonora (NPS) é uma medida instantânea do ruído. Nesta pesquisa, também é apresentado o nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ), por se tratar de uma medida contínua do ruído. O  $L_{Aeq}$  é uma média logarítmica de energia acústica pelo tempo em que ocorreu a medição (KNABBEN, 2012).

Os níveis de ruído estão associados ao tempo de exposição, uma vez que quanto maior o ruído, menor será o tempo que a pessoa deve estar exposta ao mesmo. A NR-15 (BRASIL, 2011), que versa sobre atividades e operações insalubres, estabelece o tempo máximo de exposição diária permissível para um trabalhador em função do nível de ruído utilizando protetor (Tabela 2). Essa classificação é para ruído contínuo ou intermitente, isto é, que não é de impacto.

Tabela 2 – Valores de máxima exposição diária permissível de acordo com o nível de ruído (para ruído contínuo ou intermitente).

Nível de ruído (dBA)	Exposição diária permissível	Nível de ruído (dBA)	Exposição diária permissível
<b>85</b>	8 horas	<b>95</b>	2 horas
<b>86</b>	7 horas	<b>100</b>	1 hora
<b>87</b>	6 horas	<b>105</b>	30 minutos
<b>88</b>	5 horas	<b>110</b>	15 minutos
<b>89</b>	4 horas e 30 minutos	<b>115</b>	7 minutos
<b>90</b>	4 horas		

Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

A Organização Mundial da Saúde estabelece e a NBR-10.151 (ABNT, 2000) recomendam limites máximos de pressão sonora para alguns ambientes, de acordo com o período do dia e do tipo de ambiente (Tabela 3). Observa-se que os níveis recomendados pelas instituições são semelhantes.

Tabela 3 – Limites máximos de pressão sonora.

Ambiente / Área	Período diurno (dBA)	Período noturno (dBA)	Fonte
<b>Externo</b>	55	50	OMS (BERGLUND e LINDVALL, 1999)
<b>Industrial</b>	70	60	
<b>Mista predominantemente residencial</b>	55	50	NBR-10.151 (ABNT, 2000)
<b>Mista vocação comercial</b>	60	55	

A Tabela 2 é utilizada para avaliar o nível de ruído que uma pessoa individualmente (usuária do transporte coletivo ou trabalhadora)

pode ser exposta e a Tabela 3, para avaliar o NPS de um ambiente, por exemplo as proximidades da estação de BRT.

Ao comparar a Tabela 2 com a Tabela 1, observa-se que a legislação brasileira é pouco rígida quanto à exposição ao ruído. De acordo com a NR-15 (BRASIL, 2011), uma pessoa pode permanecer em um ambiente com nível de ruído de 85 dBA por até 8h. Porém, esse nível de ruído é considerado forte e prejudica a concentração e a conversação, por exemplo.

A pressão sonora gerada pelo tráfego pode ser medida de diversas formas: a partir do volume ou velocidade de tráfego e do tipo de revestimento. O desempenho do tipo de revestimento também pode ser avaliado a partir do quanto de pressão sonora ele absorve.

Correlações entre o volume de veículos e o nível de pressão sonora medido permitem a elaboração de equações para estimar o  $L_{Aeq}$  que um determinado número de veículos produziria.

A Equação 1 (ALVES, 1997) foi elaborada no Brasil, a partir de medições de pressão sonora e contagem de tráfego na Grande Florianópolis. O autor realizou todas as medições a 10 m de distância da fonte, não considerou a influência de obstáculos ou superfícies refletoras e considerou que os veículos tinham condições de tráfego livre, ou seja, 80 km/h. O  $L_{Aeq}$  calculado é mais influenciado pelo número de veículos pesados e não pelo número de veículos total. É importante destacar que o tipo de revestimento e a presença de superfícies refletoras influenciam no nível de pressão sonora, por isso a equação precisa de correções posteriores, conforme as características do local.

$$L_{Aeq} = 62,10 + 3,88 \log_{10}(QP + 0,07QL) \quad (1)$$

Onde,

QP – quantidade de veículos pesados.

QL – quantidade de veículos leves.

A Equação 2 (MESTRE e WOOTEN, 1980 apud BISTAFA, 2011) foi elaborada nos Estados Unidos. Os autores desenvolveram uma equação mais complexa em que consideram fatores ambientais. Diferentemente da Equação 1, a pesquisa desenvolvida pelos autores ocorreu em vias de pavimento rígido.

$$L_{Aeq} = L_{oi} + 10 \log_{10} \left( \frac{Ni}{vit} \right) + 10 \log_{10} \left( \frac{15}{d} \right)^{1+a} + A_{combinado} - 13 \quad (2)$$

Onde,

$L_{oi}$  – nível sonoro de referência para i-ésimo tipo de veículo, fornecido pela Figura 4.

$N_i$  – número i-ésimo tipo de veículo que trafega no intervalo de tempo T.

$V_i$  – velocidade média do i-ésimo tipo de veículo (km/h).

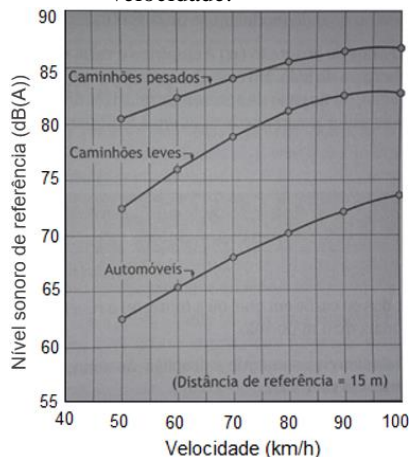
T – tempo de duração para o qual se deseja o  $L_{Aeq}$ .

d – distância perpendicular à via de tráfego até o receptor (m).

a – fator de absorção, 0 para superfície rígida com visão clara da via.

$A_{combinado}$  – combinação de todos os mecanismos significativos de atenuação sonora (textura da superfície, vegetação, barreira, edificações). Geralmente  $A_{combinado} = 0$ .

Figura 4 - Nível sonoro de referência ( $L_{oi}$ ) conforme tipo de veículo e velocidade.



Fonte: Adaptado de Mestre e Wooten, 1980 (apud Bistafa, 2011).

A Figura 4 foi produzida por Mestre e Wooten (1980 apud BISTAFA, 2011) como apoio à aplicação da Equação 2.

Callai (2011), Kawarita (2002) e Zannin e Sant'Ana (2011) realizaram medições relacionando o  $L_{Aeq}$  medido apenas com o volume do tráfego. Todas as medições foram realizadas com sonômetros posicionados na lateral da via e de acordo com as instruções da NBR 10.151/2000. A Tabela 4 apresenta a sistematização das pesquisas mencionadas.

Tabela 4 – Nível de pressão sonora equivalente em relação ao volume de tráfego.

Rodovia	Pontos	Volume de veículos (veíc/10 min)		Fluxo (veíc/h)	L <sub>Aeq</sub> dBA	Fonte
		Leves	Pesados			
SP-348	A	226	101	1.962	82,7	Callai, 2011
	B	257	91	2.088	83,2	
	C	245	118	2.178	82,6	
	D	213	83	1.776	78,6	
	E	220	103	1.936	82,5	
	F	266	90	2.136	81,3	
SP-270	A	697	90	4.721	73	Kawarita, 2002
	B	675	85	4.559	70	
	C	697	81	4.670	72	
	D	1.029	89	6.708	79	
	E	1.105	88	7.158	78	
	F	1.113	97	7.263	76	
	G	977	95	6.434	78	
Rodovia	Pontos	Volume de veículos (veíc/dia)		Fluxo (veíc/dia)	L <sub>Aeq</sub> dBA	Fonte
		Leves	Pesados			
BR-116	Contorno	18.494	8.386	26.880	75	Zannin e Sant'Ana, 2011

Algumas constatações que corroboram com a literatura podem ser feitas a partir da análise da Tabela 4: a) o volume de tráfego como um todo é diretamente proporcional ao L<sub>Aeq</sub>; b) os veículos pesados influenciam mais significativamente no L<sub>Aeq</sub>, pois nos pontos de maior porcentagem de veículos pesados, o L<sub>Aeq</sub> medido foi maior; e, c) todas as medições realizadas apresentam elevados níveis de ruído, indicando que o nível de ruído das rodovias é elevado.

Alguns estudos avaliaram o L<sub>Aeq</sub> em corredores de sistema de BRT (Tabela 5). Os níveis obtidos foram elevados em relação aos níveis considerados saudáveis. A exceção são as medições em Curitiba, pois estas ocorreram ao lado das Estações, local onde os veículos trafegam com velocidade reduzida. Todos os sistemas de BRT são de médio a grande porte.

Tabela 5 – NPS em sistemas de BRT.

<b>Pavimento flexível (dBA)</b>	<b>L<sub>Aeq</sub> (dBA)</b>	<b>Fonte</b>
<b>Canaletas – Curitiba (Brasil)</b>	72,00	Santos (2015)
<b>Vias exclusivas – Curitiba (Brasil)</b>	71,00	
<b>Faixas exclusivas – Curitiba (Brasil)</b>	74,00	
<b>Vias compartilhadas – Curitiba (Brasil)</b>	73,00	
<b>Delhi (Índia)</b>	66,90 a 78,90	Mshra, Parida e Rangnekar (2010)
<b>Roorkee (Índia)</b>	75,00 a 81,15	Das, Katiyar e Parida (2015)
<b>Teerã (Irã)</b>	63,00	Salehi, Karbassi e Khashaypoor (2016)

Observa-se que, comparativamente aos níveis de ruído obtidos em rodovias de alta e média capacidade de tráfego, o nível de ruído em corredores de BRT é inferior. Isso se deve à velocidade e ao volume de tráfego no corredor serem inferiores. Entretanto, estações de BRT em rodovias sofrerão a influência tanto do ruído produzido pelo corredor quanto pelo tráfego da rodovia.

O tipo de pavimento e revestimento possui grande influência no NPS e também precisa ser avaliado na medição da pressão sonora. Esse valor de pressão sonora obtido não representa o nível de ruído da rodovia de fato, pois em uma rodovia há uma combinação do ruído do tráfego proveniente dos diversos veículos que ali trafegam (HANSON, JAMES e NeSMITH, 2004). Porém esse tipo de medição é importante na identificação de quais tipos de pavimento e revestimento absorvem mais ruído. A velocidade de teste precisa ser acima de 60 km/h, pois nessa configuração predomina o ruído da interação pneu-pavimento e a frequência gerada é aproximadamente 1000 Hz (AVSAR e GONULLU, 2005; CALLAI, 2011; KNABBEN, 2012; CERATTI et al., 2015).

De acordo com os autores, a velocidade é diretamente proporcional ao NPS medido e os revestimentos mais densos resultam em maiores níveis de ruído (AVSAR e GONULLU, 2005; CALLAI, 2011; KNABBEN, 2012; CERATTI et al., 2015).

Callai (2011) avaliou o L<sub>Aeq</sub> antes e depois da restauração do pavimento de uma rodovia. A alteração de microrrevestimento usinado a quente para revestimento de *gap-graded* com asfalto borracha reduziu até 2 dBA do ruído externo, principalmente nas bandas de frequência de



200 Hz a 1000 Hz. O autor destaca que a alteração de revestimento é uma medida que contribui na redução dos níveis de ruído na rodovia.

Knabben (2012) realizou um estudo na Av. Jornalista Rubens de Arruda Ramos (Av. Beira-mar norte) em Florianópolis, com veículo de teste e com sonômetro posicionado em alguns pontos da via. Utilizou-se nesta pesquisa, os resultados obtidos com sonômetro a fim de comparar com medições semelhantes. O autor mediu nível de pressão sonora equivalente em três lugares da avenida antes e após a restauração do pavimento, onde substituiu-se mistura densa comum por mistura densa com asfalto borracha.

Em cada local de medição, Knabben (2012) mediu o ruído nas margens e no centro da avenida, com o sonômetro posicionado nesses mesmos locais. As medições com sonômetro não foram acompanhadas de controle da velocidade e do tráfego, porém há contagens de tráfego de outras pesquisas em locais muito próximos e assim pode-se relacionar os dados. A Tabela 6 apresenta os níveis de ruído medidos e o tráfego contado.

As contagens de tráfego utilizadas e apresentadas na Tabela 6 foram realizadas pela empresa Prosul<sup>3</sup> e no PLAMUS. A contagem conduzida pelo PLAMUS ocorreu próximo ao Ponto C da medição de ruído (Pizzaria Papparella) (distante aproximadamente 250 m), durante os períodos de pico da manhã e da tarde, compreendendo um tempo total de 16h (6h-22h). Enquanto a contagem realizada pela empresa Prosul se deu aproximadamente 800 m após o Ponto A (Polícia Federal) e o volume de tráfego foi convertido em Volume Médio Diário Anual. Como não há cruzamentos significativos entre esse ponto de contagem e os Pontos A e B (Habib's) é possível adotar o volume de tráfego dessa contagem para os dois pontos mencionados.

---

<sup>3</sup> Empresa Prosul, comunicação pessoal (2016).

Tabela 6 –  $L_{Aeq}$  e tráfego na Av. Beira-mar norte.

Pontos	Período	Mistura densa asfáltica comum (dB (A)) <sup>1</sup>			Mistura densa com asfalto-borracha (dB (A)) <sup>1</sup>		Volume de veículos
		Lado do mar	Canteiro central	Lado dos prédios	Lado do mar	Lado dos prédios	
A – Polícia Federal	Manhã	82	81,6	80,4	80,5	80,3	115.476
	Tarde	81,1	-	80,6	82,4	80,3	
B – Habib's	Manhã	80,1	78	74,8	79,4	75,9	115.476
	Tarde	80,5	-	75,3	79,3	77,2	
C – Pizzaria Papparella	Manhã	77,4	77,8	75,5	76,7	74,8	61.644
	Tarde	77,7	77	75,5	77,2	76,3	

Legenda: 1 – termo utilizado pelo autor. Fonte: Adaptado de Knabben (2012), PLAMUS (2014) e Proslu (2016).

Na Tabela 6, em geral, o  $L_{Aeq}$  na mistura de asfalto borracha é menor do que na mistura densa. Nos pontos onde há maior volume de tráfego, também mediu-se  $L_{Aeq}$  maiores. Em todos os pontos medidos, independentemente do tipo de revestimento, a medição que ocorreu ao lado do mar o nível de ruído foi maior, seguido pelos medidos no canteiro central.

O desempenho de um tipo específico de revestimento ou pavimento também pode ser avaliado pela sua absorção sonora<sup>4</sup>, em ensaios de laboratório. Pavimentos flexíveis, de modo geral, geram menos ruído do que pavimento rígido, uma vez que este é acusticamente mais rígido por ter menos vazios (CERATTI et al., 2009; CALLAI, 2011). Entre os pavimentos flexíveis, aqueles com maiores índices de vazios (*gap-graded*, poroso e drenantes) possuem um desempenho melhor quanto a absorção do ruído, como demonstrado por Astrana (2006) e Knabben (2012). Os autores também concluíram que a camada drenante obteve desempenho melhor quanto à absorção sonora, comparado às misturas densas.

Os estudos mostraram que em revestimentos com elevado volume de vazios (acima de 18%) são obtidos níveis de ruído menores. Isso

<sup>4</sup> Absorção sonora representa a dissipação, a condução e a transmissão da energia sonora nas mudanças de meio de propagação (ABNT, 1989). Ou ainda a capacidade da superfície de não refletir a energia acústica incidente (KNABBEN, 2016).

porque os vazios existentes permitem que o ar se dissipe por eles, absorvendo uma parcela do ruído, e a textura negativa da superfície da CPA reduz outra parcela (KNABBEN, 2012).

Os tipos de revestimentos mais adequados visando a redução do nível de ruído seriam o poroso e o drenante. Caltrans (2006) afirma que, devido à baixa resistência à fadiga e à colmatação dos vazios, esses revestimentos geralmente possuem vida útil de 4 a 6 anos. Porém, Knabben (2016) mostrou que a CPA mesmo após 10 anos implantada apresentou boa capacidade na redução do ruído.

Ao utilizar revestimentos com propriedades fonoabsorventes (absorvem a pressão sonora) se está interferindo no mecanismo de transmissão do ruído. O pavimento com revestimento que reduz em 3 dBA o ruído gerado pela interação pneu-pavimento em relação a um revestimento de referência (mistura asfáltica densa) tem sido denominado de pavimento silencioso (KRAGH, BENDTSEN e HILDEBRAND, 2012; KNABBEN, 2016).

Usando revestimentos fonoabsorventes, economiza-se na utilização de barreiras antirruído (ou barreiras acústicas), as quais também são alternativas para a minimização dos efeitos do ruído do tráfego (CERATTI et al., 2009; CALLAI, 2011).

As barreiras acústicas reduzem a pressão sonora transmitida, atuando no meio pelo qual o som se propaga. Quando a onda sonora atinge a barreira, ela tem parte de sua energia transmitida, absorvida e difratada (KAWARITA, 2008).

As barreiras são muros ou cortinas que atenuam a passagem do som, que podem ser artificiais (muros de madeira, vidro, concreto) ou naturais (vegetação alta) (LÁO, 2004; AVSAR e GONULLU, 2005; PINI, 2007). É possível combinar materiais (barreiras mistas) (CALLAI, 2011; PINI, 2007).

A eficácia das barreiras é dependente de sua altura; quanto maior a altura melhor o desempenho e do tipo de material empregado (CALLAI, 2011; ÖZTÜRK, ÖZTÜRK e ÇALIS, 2012; SHAFFER, 2012). Como o custo é também proporcional à altura, é preciso alcançar um equilíbrio entre a eficácia e o custo.

Se devidamente dimensionadas, construídas com materiais adequados e dependendo das posições relativas da fonte, da barreira e do receptor, as barreiras podem resultar em redução do nível de pressão sonora de 6 a 20 dB (A) (PINI, 2007). Shaffer (2012) apresenta redução de até 13 dBA nas linhas férreas Verde e Ouro, em Los Angeles. Hong e Jeon (2014) implantaram barreiras com 4,80 de altura em média em áreas urbanas em Seul (Coreia do Sul), com residências e escolas com

fachadas para o tráfego. Os autores mediram o nível de pressão sonora atrás e na frente dessas barreiras e as medições variaram de 54,6 a 63,7 dBA (atrás) e 65,1 a 80,7 dBA (frente), ou seja, redução de 10,5 a 17 dBA.

Para melhorar o desempenho das barreiras antirruído, Öztürk, Öztürk e Çalis (2012) recomendam que não haja lacunas ao longo da mesma e que ela seja colocada tão perto da fonte (rodovia) quanto possível.

Além dos custos de implantação, que são elevados (SHAFFER, 2012), a barreira sonora, sendo um muro, pode causar problemas de segurança viária e de poluição visual (CALLAI, 2011). Para evitar a sensação de enclausuramento, Shaffer (2012) sugere que a barreira seja construída com material transparente.

As medidas mais relevantes na redução do nível de ruído em rodovias seria a utilização de pavimentos silenciosos e/ou de barreiras acústicas. De modo geral, apenas o pavimento silencioso não seria suficiente para mitigar o desconforto sonoro, por isso a implantação da barreira acústica deve observar a saúde da vizinhança.

## **Poluição atmosférica**

Um dos grandes desafios encontrados para a implantação de sistema de BRT em rodovias é o problema da exposição dos usuários à poluição atmosférica. A poluição atmosférica é formada por materiais particulados finos e materiais gasosos e gera efeitos danosos à saúde humana.

A OMS (2016) afirma que as partículas mais danosas à saúde são aquelas com um diâmetro igual ou inferior a 10  $\mu\text{m}$ , pois estas penetram e alojam-se nos pulmões. Inclusive, a OMS (2016) afirma que não há registros de concentração, por menor que seja, onde não se observa nenhum dano à saúde.

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em poluentes primários e secundários. Os primários são aqueles emitidos diretamente pela combustão de combustíveis fósseis (partículas de fuligem, dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) e de enxofre ( $\text{SO}_2$ )). As principais fontes de  $\text{NO}_2$  são tráfego rodoviário, geração de energia, fontes industriais e aquecimento residencial. Os poluentes secundários são formados, a partir de outros componentes, na atmosfera, como o ozônio troposférico, formado a partir dos óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) (NEWBY et al., 2014).

A poluição atmosférica é uma mistura de milhares de componentes, que causam danos à saúde em diferentes graus. Do ponto

de vista da saúde, os componentes mais importantes incluem as partículas em suspensão no ar e os poluentes gasosos, tais como: ozônio, dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), componentes orgânicos voláteis (incluindo benzeno), monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) (NEWBY et al., 2014; OMS, 2016). Esta pesquisa dará mais destaque ao material particulado fino, aos óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e ao ozônio troposférico formado por estes, por serem os mais encontrados na literatura.

O ozônio troposférico, formado a partir de  $\text{NO}_2$ , é tóxico, corrosivo e responsável por danos nos pulmões, infecções respiratórias a pessoas expostas frequentemente a ele (NEWBY et al., 2014; RITZ et al., 2016; USP, 2017).

Os componentes mais comuns do material particulado fino<sup>5</sup> em suspensão no ar (também chamado de fuligem) são: sulfatos, nitratos, amônia ( $\text{NH}_3$ ), cloreto de sódio (NaCl), carvão (*black carbon*), poeira mineral e água (NEWBY et al., 2014; CHINA, SALVADORI e MAZZOLENI, 2014; OMS, 2016).

No Brasil, o Código de Trânsito (BRASIL, 1997) controla a emissão de gases e materiais particulados poluentes por veículos, o qual assegura que todos os veículos em circulação terão seu controle de emissão de gases poluentes e de ruídos avaliadas em inspeção obrigatória, de acordo com a periodicidade estabelecida pelo CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente).

Os limites máximos de emissão de gases poluentes para veículos novos (Resoluções nº 297/2002 e 342/2003) são apresentados na Tabela 7. A Tabela 8 refere-se aos níveis de concentração recomendados para  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_{10}$  (OMS, 2010).

---

<sup>5</sup>  $\text{PM}_{2,5}$ ; 2,5  $\mu\text{m}$  corresponde à dimensão da partícula.

Tabela 7 – Limites máximos de emissão de gases poluentes para veículos novos (g /km).

	V. leves de passageiros	V. leves comerciais <sup>3</sup>	V. leves comerciais <sup>4</sup>	Veículos pesados <sup>5</sup>
<b>Monóxido de carbono</b>	2,0	2,0	2,7	2,7
<b>Hidrocarbonetos totais<sup>1</sup></b>	0,30	0,30	0,50	0,50
<b>Hidrocarbonetos não metano</b>	0,05	0,05	0,06	0,06
<b>Óxidos de nitrogênio (ciclo Otto)</b>	0,12	0,12	0,25	0,25
<b>Óxidos de nitrogênio (ciclo Diesel)</b>	0,25	0,25	0,43	0,43
<b>Aldeídos<sup>2</sup></b>	0,02	0,02	0,04	0,04
<b>Material particulado</b>	0,05	0,05	0,06	0,06

Legenda: 1: somente para veículos a gás; 2: exceto gás natural; 3: com massa do veículo para ensaio menor ou igual a 1.700 kg; 4: com massa do veículo para ensaio maior a 1.700 kg; 5: com massa total máxima autorizada entre 3.856 kg a 4.536 kg. Fonte: Adaptado de CONAMA (2003).

Tabela 8 – Níveis de referência para concentração de PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> no ar atmosférico (µg/m<sup>3</sup>).

	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
<b>Concentração (média anual) (µg/m<sup>3</sup>)</b>	10	20
<b>Concentração (média diária) (µg/m<sup>3</sup>)</b>	25	50

Fonte: Adaptado de OMS (2016).

Uma análise histórica do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários permite concluir que as emissões têm se reduzido ano após ano no Brasil, em função das medidas mais restritivas, inserção de veículos novos construídos com tecnologias melhores e substituição dos veículos mais velhos (Brasil, 2013).

O tráfego rodoviário foi identificado como o principal responsável pelas concentrações de poluição atmosférica nas cidades (CARR et al., 2002; RAKOWSKA et al., 2014) e os veículos mais velhos, como os mais poluidores (CHINA, SALVADORI e MAZZOLENI, 2014). A interação pneu-pavimento também produz material particulado composto por óleos minerais e fragmentos de carbono reforçado (DAHL et al., 2006). Carr et al. (2002) observaram

que estar a 300 metros da fonte poluente representa uma exposição relevante.

Velasco e Tan (2016) afirmam que permanecer em um ponto de ônibus pode significar uma exposição desproporcionalmente grande, tendo em vista a proximidade com os veículos (TSAI, WU e CHAN, 2008; VELASCO e TAN, 2016).

Avaliando as propriedades das partículas do tráfego em pontos de ônibus em Cingapura, Velasco e Tan (2016) concluíram que o material particulado fino de dimensão 1  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) representava mais de 97% do  $\text{PM}_{2,5}$  medido. De acordo com as medidas realizadas, o  $\text{PM}_{10}$  variou de 22 a 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por dia, representando até o dobro do permitido pela OMS para  $\text{PM}_{2,5}$  (Tabela 9).

Tsai, Wu e Chan (2008) também mediram as concentrações de PM que os usuários do transporte coletivo estavam expostos. Foram considerados os usuários de ônibus e *Mass Rapid Transit* (MRT), desde a viagem de casa ao destino mais o tempo que esperou pelo transporte. O  $\text{PM}_{2,5}$  ultrapassou em aproximadamente 62% para ônibus convencional e 50%, para MRT.

Maes (2017) simulou concentrações de CO e  $\text{NO}_2$  proveniente das emissões veiculares na Av. Beira-mar norte, em Florianópolis/SC, em fontes pontuais e fontes área, comparando ao mesmo tempo com os padrões de qualidade do ar no Brasil, estabelecidos pelo CONAMA. O objetivo foi verificar a área em que se excedia a média horária ou a média aritmética anual para o  $\text{NO}_2$ , média em 8 horas de amostragem para o CO. Além de avaliar a concentração máxima horária dos poluentes.

De acordo com a autora, as concentrações de  $\text{NO}_2$  simuladas devido às emissões veiculares excederam consideravelmente os padrões de qualidade do ar brasileiros. As fontes pontuais excederam o padrão primário de qualidade do ar em 1519 vezes (área de 11,99 ha) e o padrão secundário, 4142 (área de 45,18 ha). Enquanto a concentração máxima horária das fontes área para o  $\text{NO}_2$  excederam o padrão primário 3.386 vezes (área de 88,04 ha) e o secundário, 9.074 vezes (área de 303,86 ha). Os padrões para o CO não ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação brasileira (MAES, 2017).

A redução efetiva de poluentes atmosféricos implica em ações coletivas e de caráter mais abrangentes, como a retirada de circulação de veículos mais velhos (YAN et al., 2014; KARANASIOU et al., 2014), o investimento e fabricação de motores mais modernos (HOEKMAN e ROBBINS, 2012) e o uso prioritário de combustíveis não poluentes (KARANASIOU et al., 2014).

Paralelamente às ações voltadas aos veículos individuais, deve-se adotar uma política de transportes integrada, com a renovação gradual dos veículos públicos existentes e incentivos ao uso de transporte coletivo (KARANASIOU et al., 2014).

No campo da pavimentação, estudos sobre a incorporação de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) em peças pré-moldadas de concreto para pavimentação com o objetivo de degradar óxidos de nitrogênio. Essa técnica consiste em colocar camadas de argamassa com  $\text{TiO}_2$  na superfície do bloco de concreto. Ocorrerá uma reação fotocatalítica entre o  $\text{TiO}_2$  e os  $\text{NO}_x$ , convertendo este em íons de nitratos, degradando o  $\text{NO}_x$ . Esses íons são removidos pela água da chuva, pois são neutralizáveis em meio aquoso ( $\text{NO}_x$ ) (MELO, 2011; MARCO et al., 2013; BEELDENS e BOONEN, 2014).

Estudos mostraram bons resultados quanto à degradação de  $\text{NO}_x$ ; maiores teores de  $\text{TiO}_2$  proporcionam maior eficiência. A eficiência da degradação depende da textura superficial da peça, do teor de  $\text{TiO}_2$  e das condições ambientais, como concentração de poluente, radiação UV-A, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Também foi observado que peças mais porosas removem maior quantidade de  $\text{NO}_x$  (MELO, 2011).

Igualmente, há estudos sobre a aplicação de material fotocatalítico em revestimentos de paredes (YU, 2002; MARCO et al., 2013), telhados e barreiras (MARCO et al., 2013). A redução de  $\text{NO}_x$ , contudo, representa a atenuação de apenas um dos diversos componentes da poluição atmosférica.

A implantação de infraestrutura verde (árvores, telhados verdes, barreiras vegetais) em áreas urbanas apresenta bom desempenho na captura de poluentes atmosféricos e melhora da qualidade do ar (BARÓ et al., 2014; JAYASOORIYA et al., 2017; NASARE et al., 2017).

Como procurou-se demonstrar, pessoas em calçadas e próximas à rodovia estão expostas à alta concentração de poluentes atmosféricos. Esse fator pode diminuir a atratividade de uma estação de BRT no canteiro central de rodovia por seus efeitos negativos à saúde e o consequente desconforto. Qualquer plano ou recomendação de implantação desse sistema deve levar em conta essas dificuldades. A utilização de peças pré-moldadas de concreto fotocatalítico, além de eficientes, possuem um apelo ambiental muito forte. Outras medidas importantes são a substituição dos veículos com tecnologia ultrapassada, redução do consumo de combustíveis fósseis e vegetação.



## Desconforto térmico

As condições térmicas compõem o conjunto de fatores relacionados ao pavimento que levam à atratividade ou rejeição de uma estação de BRT abordados nesta pesquisa. É necessário analisar que condições contribuem para o desequilíbrio de temperatura.

O processo de urbanização das cidades substitui as áreas vegetadas por áreas edificadas e pavimentadas, o que impermeabiliza o solo, resultando em alterações dos microclimas e da sensação térmica no meio urbano (CALLEJAS et al., 2012). A superfície dos pavimentos absorve muita radiação solar, especialmente as mais escuras, devido ao seu baixo albedo<sup>6</sup>. As superfícies com baixo albedo emitem mais calor e assim eleva-se a temperatura do ar nessa região (ERELL et al, 2013; CARPIO, 2014)

Diversos autores apontam que as áreas pavimentadas das cidades contribuem com o aumento da sensação térmica e, até mesmo, com a formação de Ilha de Calor Urbana (ICU). As Ilhas de Calor Urbana são responsáveis pelo aumento do uso de energia para refrigeração (AKBARI, POMERANTZ e TAHA, 2001; WRIGHT e HOOK, 2007; CALLEJAS et al., 2012; SANTAMOURIS, 2013; CARPIO, 2014; QIN, 2015).

O valor do albedo de um revestimento sofre variações ao longo do dia e de acordo com a sua idade (POMERANTZ, AKBARI e CHANG, 2000 e Santamouris et al, 2012). A Tabela 9 apresenta valores típicos de albedo para diversos revestimentos/superfícies.

Tabela 9 – Valores de albedo de diferentes superfícies.

<b>Superfícies</b>	<b>Albedo</b>	<b>Autor</b>
<b>AAUQ<sup>1</sup></b>	0,01	Picanço et al. (2001)
<b>CBUQ</b>	0,02	Picanço et al. (2001)
	0,04	Santamouris et al. (2012)
<b>Pavimento rígido</b>	0,05	Picanço et al. (2001)
	0,77	Santamouris et al. (2012)
<b>Grama</b>	0,06	Picanço et al. (2001)

Legenda: 1: areia asfalto usinado à quente.

<sup>6</sup> O termo albedo se refere ao coeficiente de reflexão da luz na faixa visível do espectro. Não é sinônimo de refletância. O albedo de um objeto é um parâmetro utilizado para caracterizar a superfície ou propriedades atmosféricas do objeto, bem como no cálculo de seu balanço energético (CARPIO, 2014).

Revestimentos de albedos menores resultam em temperaturas mais elevadas e quanto mais alta a temperatura, maior a sensação térmica que uma pessoa sente naquele ambiente. A sensação térmica está atrelada à temperatura medida na superfície dos pavimentos, e possui relação direta com o conforto térmico de determinado ambiente. É um parâmetro bastante subjetivo e difícil de mensurar, pois é determinado pela percepção de um indivíduo do ambiente em que se encontra, mediada pelos mecanismos de resposta pessoal (ERELL et al, 2013).

Para estabelecer parâmetros para a determinação da sensação térmica, Höppe (1999) criou o conceito de *Physiological Equivalent Temperature* (PET), que se baseia na equação de balanço térmico do corpo humano em condições de estabilidade. Na Tabela 10 são apresentadas a percepção térmica relacionada à PET e à grade de estresse fisiológico, que seria então uma consequência sentida pelo indivíduo em função da sensação térmica.

Tabela 10 – Percepção térmica relacionada à PET e à grade de estresse fisiológico

<b>PET (°C)</b>	<b>Percepção Térmica</b>	<b>Grade de Estresse Fisiológico</b>
<b>&lt; 4</b>	Muito frio	Extremo estresse ao frio
<b>4 a 8</b>	Muito frio a Frio	Extremo a Forte estresse ao frio
<b>8 a 13</b>	Frio a Ligeiramente frio	Forte a Moderado estresse ao frio
<b>13 a 18</b>	Ligeiramente frio a Confortável	Moderado a Ligeiro estresse ao frio
<b>18 a 23</b>	Confortável	Nenhum estresse térmico
<b>23 a 29</b>	Confortável a Ligeiramente quente	Nenhum a Ligeiro estresse ao calor
<b>29 a 35</b>	Ligeiramente quente a Quente	Ligeiro a Moderado estresse ao calor
<b>35 a 41</b>	Quente à Muito quente	Moderado a Extremo estresse ao calor

Fonte: Adaptado de Matzarakis, Mayer e Iziomon (1999).

Não existem normas brasileiras sobre como determinar a sensação térmica e quais seriam as condições térmicas aceitáveis, porém há regulamentação internacional, como a ISO 7730/2005 (LabEEE, 2016). Como normas para conforto térmico em edificações, pode-se citar: ASHRAE Standard 55-2013 - *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* e NBR 16401 Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários - Parte 2: Parâmetros de conforto térmico (2008) (LabEEE, 2016).

Para ambientes ventilados naturalmente e com temperatura externa de 30°C, o limite aceitável de temperatura ambiente seria 25°C, aproximadamente (LabEEE, 2016).

Estudos relacionados ao desconforto térmico podem avaliar tanto a temperatura ambiente, ou da superfície, quanto a sensação térmica. Ketterer e Matzarakis (2014), Callejas et al (2012) e Nince et al. (2014) determinaram o índice PET para diferentes superfícies, dentre pavimentadas à cobertura vegetal, em Stuttgart (Alemanha) e em Cuiabá (Brasil).

Ketterer e Matzarakis (2014) observaram que o PET sob árvores era 10°C menor do que em áreas verde não cobertas e 25°C menor do que em áreas impermeabilizadas, durante o dia. Essa diferença corresponde a um aumento do estresse térmico em três classes de avaliação termofisiológica para PET (Tabela 10).

Os estudos de Callejas et al. (2012) obtiveram PET para diferentes superfícies não sombreadas (Tabela 11). Para superfícies gramada e pavimentada o PET foi acima de 42°C, enquanto para áreas sombreadas obtiveram PET inferior a 32°C, durante o dia. Os autores concluíram que os ambientes ao ar livre, mesmo cobertos por materiais naturais podem apresentar condições de desconforto térmico às pessoas. Ainda assim, a superfície gramada possui albedo maior do que as superfícies asfaltadas e concretadas, por isso o saldo energético armazenado é menor.

Tabela 11 – PET e Temperatura do ar próxima a diferentes superfícies não sombreadas.

<b>Superfície</b>	<b>PET (°C)</b>	<b>Temperatura do ar (°C)</b>
<b>CCP</b>	43,20	28,75
<b>Gramma</b>	42,90	27,90
<b>Mistura asfáltica</b>	42,80	28,95
<b>Árvores (tipo mangueira)</b>	-	27,50

Fonte: Adaptado de Callejas et al. (2012).

A temperatura e a sensação térmica estão relacionadas ao estresse fisiológico que a pessoa exposta a altas temperaturas (ou temperaturas muito baixas) irá sentir. Alguns estudos buscam identificar a existência de correlação de doenças, ou até mesmo mortes, com a exposição prolongada ao calor e com o aumento da temperatura ambiente (DU et al., 2013; FRANCHINI e MANNUCCI, 2015; BUCHINA et al., 2016).

Estudos sobre os efeitos da exposição ao calor em estações de transporte coletivo são escassas, porém já foi confirmada a participação dos pavimentos na formação das ICU, as quais aumentam as temperaturas atmosféricas.

Há consenso entre os autores que, além da presença de mais árvores em ambiente urbano, a utilização de materiais de alto albedo pode compensar, reverter e/ou mitigar os efeitos da Ilha de Calor Urbana, proporcionando maior conforto térmico para os pedestres em espaços urbanos exteriores. Nesse sentido, alguns autores afirmam que os pavimentos frios têm um papel fundamental (AKBARI, POMERANTZ e TAHA, 2001; SYNNEFA et al., 2011; ERELL et al, 2013; SANTAMOURIS, 2013; CARPIO, 2014; SALATA, et al., 2017).

Os pavimentos frios podem ser obtidos a partir de tecnologias de pavimentos existentes, através da modificação da superfície ou pela construção de novas (QIN, 2015), mas também por introdução de novas tecnologias e materiais. Ou seja, não tendo a sua capacidade estrutural comprometida, pavimentos flexíveis e rígidos podem ser modificados e utilizados como pavimentos frios (CARPIO, 2014).

Em linhas gerais, alguns dos mecanismos para a criação de um pavimento frio são: incremento do albedo, aumento da permeabilidade (SYNNEFA et al., 2011; CARPIO, 2014; QIN, 2015). Os pavimentos desenvolvidos a partir desses mecanismos são denominados, respectivamente, de pavimento reflexivo e pavimento permeável (ou poroso ou evaporativo) (QIN, 2015).

De acordo com Akbari, Pomerantz e Taha (2001), a técnica mais utilizada e que oferece melhores resultados é o incremento do albedo. Essa técnica consiste em utilizar agregados ou *filler* claros na mistura asfáltica, pigmentos coloridos, revestimentos brancos, tintas termocrômicas na superfície ou simplesmente utilizar pavimentos rígido convencional. Os pavimentos reflexivos são adequados para regiões com verão quente-seco e para áreas abertas expostas a longas horas de iluminação solar (QIN, 2015).

O aumento da permeabilidade do revestimento possibilita que a água e o vapor de água infiltrarem-se através dos poros, sendo também armazenados neles e, posteriormente, evaporada, resfriando o revestimento (CARPIO, 2014; QIN, 2015). Entretanto, quando a água do pavimento poroso se esgota, sua superfície aquece-se mais do que a dos pavimentos convencionais, devido a sua baixa inércia térmica e porque os materiais porosos têm uma refletividade inferior à dos materiais densos. Por esta razão esse tipo de pavimento é mais apropriado para áreas chuvosas e úmidas (QIN, 2015).

Carpio (2014) realizou medição da temperatura superficial de diferentes revestimentos construídos por ele, a fim de determinar se a cor (incremento do albedo) e o volume de vazios (aumento da permeabilidade) exercem alguma influência no desempenho térmico desses revestimentos.

A Tabela 12 apresenta o resultado dos corpos de prova que obtiveram o pior e o melhor desempenho. É possível observar que o incremento do albedo nas misturas asfálticas, mesmo sendo estas porosas, não obteve resultados melhores em termos de emissão de calor (redução de 2°C comparado à referência).

De todas as amostras, os corpos de prova de CCP obtiveram as temperaturas superficiais mais baixas e o incremento do albedo nesse grupo significou redução de quase 5°C, comparado ao CCP poroso.

Tabela 12 – Temperatura superficial de diferentes revestimentos.

	Pior desempenho		Melhor desempenho	
	Corpo de Prova	T (°C)	Corpo de Prova	T (°C)
<b>CCP<sup>1</sup></b>	Poroso	43,3	Amarelo	38,6
<b>Mistura asfáltica</b>	Densa	50,4	Verde	47,5
<b>CPA<sup>2</sup></b>	Referência	50,9	Verde/ Vermelho	48,9

Legenda: 1: Concreto de Cimento Portland; 2: Camada Porosa de Atrito. Fonte: Adaptado de Carpio (2014).

Outra opção estudada é a pintura das superfícies (coberturas, paredes, pavimento) com revestimentos reflexivos. Maestri (2017) concluiu que a pintura de coberturas com tintas de alta refletância gera melhor desempenho térmico. Essa técnica oferece bons resultados, porém exige manutenção mais frequente do que o incremento do albedo dos pavimentos, por exemplo (WRIGHT e HOOK, 2007).

Porém, há alguns riscos à saúde quanto ao uso de revestimentos reflexivos, pois como são materiais de alta reflexividade podem prejudicar a visão e causar desconfortos nos pedestres e motoristas. Se aplicados no pavimento, reduzem a aderência pneu-pavimento (CARPIO, 2014).

As estratégias para redução do desconforto térmico no corredor e na área de abrangência da estação são múltiplas. Algumas medidas são o plantio de vegetação no canteiro e próximo à estação; poderia ser colocado vegetação sobre a estação, proporcionando uma opção de controle climático eficiente e atraente (WRIGHT e HOOK, 2007);

orientar a estação no canteiro de modo a reduzir a incidência solar e aproveitar os ventos; e uso de brises, por exemplo.

Comparando o desempenho térmico de uma cobertura vegetal com uma cobertura convencional em Belém, Curitiba e Brasília, Dias (2016) concluiu que as reduções de cargas térmicas anual foram de 83% (Belém), 89% (Curitiba) e 95% (Brasília). Comparando a cobertura vegetal com a cobertura fria (tinta altamente reflexiva), os resultados foram de 28% (Belém), 90% (Curitiba) e 91% (Brasília).

O principal problema quanto ao desconforto térmico é a emissão de calor que o ambiente em que serão implantadas as estações emite. As principais soluções revisadas são a aplicação de superfícies reflexivas e a cobertura vegetal nas edificações.

### **2.2.2 Estação**

As estações de BRT geralmente possuem três elementos principais: subparadas ou plataformas, áreas de transição e infraestrutura de integração, incluindo-se passagens de pedestres, espaços para vendedores, estacionamento de bicicletas ou outras atividades comerciais (WRIGHT e HOOK, 2007; JICA, 2012).

As estações devem ser projetadas para além de suas funções básicas, auxiliando na criação de uma identidade para o sistema de BRT, constituindo-se uma centralidade (LEVINSON et al., 2003; WRIGHT e HOOK, 2007).

A estação pode ser atrativa na medida em que proporciona também conforto (lixeiras, bancos, *wi-fi*, limpo) e segurança aos passageiros (iluminação, câmeras de segurança) (*The City Fix* Brasil, 2015a; WRIGHT e HOOK, 2007; JICA, 2012).

A estética e o desenho arquitetônico da área da estação são também determinantes no sucesso do sistema (WRIGHT e HOOK, 2007; JICA, 2012).

Wright e Hook (2007) afirmam que a proteção climática nas estações é outro fator que deve ser considerado para a promoção de um ambiente mais confortável e para a identificação da estação como um refúgio, o que auxilia na atração de usuários. Para o conforto térmico podem ser utilizadas técnicas ambientais, sistemas de ar-condicionado, ventiladores e nebulizadores.

As técnicas ambientais primam pelo aproveitamento de sombras e fluxos naturais de ar, com ventilação cruzada reduzindo o consumo de energia (WRIGHT e HOOK, 2007; JICA, 2012). A extensão da linha do telhado da estação contribui para bloquear a luz direta do sol e melhora

a cobertura da chuva (WRIGHT e HOOK, 2007; SÃO PAULO, 2013; CERVERO, 2013).

No projeto do sistema BRT Metropolitano Perimetral Alto Tietê de São Paulo, foram utilizadas a extensão da linha do telhado e o plantio de vegetação na cobertura, além de telhas termoacústicas na cobertura (onde não é teto verde), a fim de proporcionar conforto térmico e acústico (SÃO PAULO, 2013).

A Figura 5 apresenta a estação-tubo, de Curitiba, a qual não usa qualquer tipo de proteção climática, o que pode proporcionar dificuldades aos usuários em dias de condições climáticas adversas. Por outro lado, a estação foi projetada de modo a facilitar o embarque em nível, por ter uma pequena plataforma projetada para fora da estação. Ao parar, o ônibus aproxima uma segunda pequena plataforma para ajustar o acesso, conforme destacado (azul) na Figura 6.

Figura 5 – Estação-tubo de Curitiba (Brasil) e plataforma projetada.



Figura 6 – Detalhe (azul) para plataformas (estação e ônibus) encaixadas.



A presença de comércio nas proximidades da estação pode ser uma via de mão dupla, na medida em que favorece a atividade dos comerciantes e incorpora mais usuários ao sistema de transporte público, melhorando ainda a segurança da área de abrangência da estação. Entretanto, essa parceria deve atentar para alguns cuidados, tais como: entrada de não usuários na estação, trânsito induzido, demanda de estacionamento e congestionamentos devido a carga e descarga (WRIGHT e HOOK, 2007; JICA, 2012).

A manutenção da estação deve ser facilitada pela escolha de materiais adequados, assim como a utilização de materiais que inibam o vandalismo (*The City Fix* Brasil, 2015a; WRIGHT e HOOK, 2007; JICA, 2012).

A combinação equilibrada dessas medidas quanto às funções básicas da estação e das amenidades que ela pode vir a ter, resultarão em uma estação atrativa, que contribui positivamente com a imagem e a identificação do sistema de BRT como um sistema moderno e que atende às necessidades da população.

### **2.2.3 Acesso à estação**

Acessibilidade universal em um sistema de transporte coletivo é benéfica para todos os usuários, tenham eles necessidades diferenciadas de acessibilidade ou não. O acesso a uma estação é mais complexo que apenas adentrar a edificação, pois tem relação com todo o entorno da estação e em como as pessoas farão uso do seu espaço interno. Igualmente importante é em que condições as pessoas farão o percurso de seu ponto de origem ao seu destino (*The City Fix* Brasil, 2015a).

O acesso do usuário à estação envolve três movimentos críticos: a) da vizinhança até o corredor; b) o cruzamento do corredor; c) e o movimento dentro da área da estação. Um projeto eficiente deve abordar todos os três aspectos igualmente (WRIGHT e HOOK, 2007).

Nesta seção serão apresentadas as principais contribuições sobre esses três aspectos, com destaque para a influência da área de abrangência da estação na acessibilidade e, por consequência, na demanda de passageiros da estação. Além das medidas e intervenções que podem ser incorporadas ao projeto de implantação de estações de modo a melhorar a acessibilidade da estação, especialmente.

## **Área de abrangência da Estação e Acessibilidade**



A estação de BRT estabelece uma relação de influência com o seu entorno; influenciando-o e sendo influenciada por ele. A região onde essa relação é mais significativa é chamada de “área de abrangência”, que representa a área geográfica atendida pela estação, onde a maioria dos usuários chegaria a pé (CHALERMPONG e WIBOWO, 2007).

Tendo em vista que os sistemas de transporte coletivo são alimentados principalmente por pedestres, a área de abrangência da estação é mais frequentemente definida a partir da distância (ou do tempo) de caminhada para acessar/sair do sistema (JIANG, ZEGRAS E MEHNDIRATTA, 2012; TOWNSEND e ZACHARIAS, 2009).

Vuchic (2005) recomenda as distâncias de 400 e 800 metros, medidas em raios, as quais corresponderiam a 5 e 10 minutos de caminhada, respectivamente. Bravo et al. (2016) destacam que a realidade da caminhada é impactada pela topografia e estrutura viária do local, por isso recomendam que se estabeleça as distâncias de caminhada considerando esses fatores e não através de raios e *buffers*.

O tamanho da área de abrangência pode variar em uma mesma cidade, pois deve-se às características físicas ao redor da estação. Conhecer o tamanho da área de abrangência de uma estação é relevante para o planejamento e a operação do sistema de transporte coletivo, pois é utilizada para prever o espaço entre as estações, identificar as redundâncias e as lacunas nas rotas planejadas e entender e prever demandas de usuários para o uso do sistema (CERVERO et al., 1995; ESTUPIÑÁN e RODRÍGUEZ, 2008; JIANG, ZEGRAS E MEHNDIRATTA, 2012; SADOWSKI et al., 2016).

Por isso, é importante também compreender que fatores interferem nas distâncias que os pedestres e usuários do transporte coletivo estão dispostos a caminhar. Muitos autores têm buscado compreender a interação do ambiente construído em torno das estações com a distância de caminhada; como ela impacta na capacidade da estação de atrair usuários e no conseqüente tamanho da área de abrangência.

Townsend e Zacharias (2009) afirmam que a qualidade da rua, da calçada e da estação são tão importantes quanto a confiabilidade e a acessibilidade tarifária de um serviço de transporte para atrair o número de passageiros. As ruas (sua clareza, travessias e outras interferências) ao redor da estação, a qualidade e condições das ruas, a segurança da caminhada, qualidade do transporte coletivo, a distância da viagem (a partir de seu ponto de origem) afetam na decisão dos pedestres de caminhar (VUCHIC, 2005; WRIGHT e HOOK, 2007; JIANG, ZEGRAS e MEHNDIRATTA, 2012).

A segurança da caminhada pode ser proporcionada de diversas formas que vão desde um projeto amigável ao pedestre (calçadas largas e de qualidade, bancos, lixeiras, ruas esteticamente agradáveis, fornecimento de iluminação pública), quanto ruas movimentadas devido às atividades urbanas (RODRÍGUEZ, BRISSON e ESTUPIÑÁN, 2009; OMS, 2013).

As pessoas caminham mais em ambientes que oferecem grande variedade de atividades, como comércio varejista (especialmente no andar térreo), pois os pedestres aderem a mais de uma atividade, combinando-as e integrando-as, tendo uma experiência mais agradável (CERVERO et al., 1995; TOWNSEND e ZACHARIAS, 2009; JIANG, ZEGRAS E MEHNDIRATTA, 2012).

No estudo de Cervero et al. (1995), os autores observaram que uma área de estação com um uso misto do solo teria, em média, 73% mais viagens de regresso caminhando do que uma com um único uso do solo.

Cervero et al. (1995) incluem a densidade populacional e a distância ao centro da cidade como fatores importantes nessa interação (ambiente construído-distância caminhada), pois os autores perceberam que em regiões de baixas densidade e distantes do centro da cidade, as pessoas utilizam mais meios mecanizados para chegar às estações; enquanto nos centros urbanos altamente populosos, a maioria das pessoas acessa as estações a pé. A Tabela 13 mostra a densidade populacional sugerida por diversos autores.

Tabela 13 – Densidade populacional sugerida pela literatura.

<b>Densidade populacional</b>	<b>Autor</b>
<b>250 a 450 hab/ha<sup>1</sup></b>	Ferrari (1979)
<b>450 a 540 hab/ha</b>	Mascaró (1986)
<b>450 hab/ha</b>	ONU (NOBRE, 2001)
<b>600 hab/ha<sup>2</sup></b>	Acioly e Davidson (1998)

Legenda: 1: 25.000 a 45.000 hab/km<sup>2</sup>; 2: Setor Estrutural do sistema de BRT da cidade. Fonte: Ferrari (1979), Mascaró (1986), Acioly e Davidson (1998) e Nobre (2001).

Cervero e Kockelman (1997) afirmam que devem ser avaliados a densidade populacional, a diversidade do uso do solo e o desenho urbano (3D). Posteriormente em Cervero et al. (2009), outros dois itens foram acrescentados: acesso ao destino e distância ao transporte público; compondo o denominado 5D's. Os 5D's resumem os fatores importantes na interação ambiente construído e distância caminhada.

Os condicionantes para a disposição e a facilidade que pessoas têm ao se deslocar no ambiente urbano podem ser agrupados no conceito de “caminhabilidade”. Esse conceito é importante, porque se refere à acessibilidade urbana e à sua medição (*The City Fix Brasil*, 2015b).

Ambientes que possuem alta caminhabilidade são aqueles onde as pessoas caminham mais em decorrência da maior acessibilidade deles. Se os usuários do transporte coletivo caminham mais para acessar à estação, a área de abrangência é maior, isto é, ela tem o potencial de atingir maior número de usuários.

Concorrendo contra a caminhabilidade da área de abrangência da estação estaria a oferta de estacionamentos, os níveis baixos de serviço de transporte (inclusive de integração modal), a localização da estação no centro da *freeway*, as condições das calçadas, quadras muito longas, prédios com pavimentos térreos de garagem (CERVERO et al., 1995).

Cervero et al. (1995) identificaram que estações no centro de *freeways* teriam 7% menos viagens de regresso a pé (o modelo de acesso à estação obteve resultados semelhantes), controlando-se os demais fatores. Por isso, para os autores, o centro de *freeways* representam barreiras ao movimento de muitas maneiras: física, visual, psicológica e simbolicamente.

Um sistema atrativo de BRT precisa utilizar medidas que minimizem os fatores que reduzem a caminhabilidade da área de abrangência e incorporar aos seus componentes os que influenciam positivamente nela. De modo geral, podem ser adotadas medidas provenientes do conceito “urbanidades” criado por Jane Jacobs e que está intimamente relacionado à vitalidade urbana (JACOBS, 2011), fundamental para o bom desempenho de uma estação de transporte coletivo.

### **Meios e intervenções para o acesso à estação**

Wright e Hook (2007) dividem o acesso do pedestre à estação em três movimentos. As soluções de acesso aqui apresentadas referem-se aos primeiros dois movimentos (da vizinhança até o corredor e o cruzamento do corredor), não sendo explorados facilidades de acesso dentro da estação. Porém, o interior da estação não deve oferecer impedimentos ao movimento de seus usuários, proporcionando clareza de direção (WRIGHT e HOOK, 2007; JICA, 2012; CERVERO; 2013).

O cruzamento do corredor (segundo movimento) pode ser realizado a partir de três modos distintos: travessias em nível, elevadas ou subterrâneas (LEVINSON et al., 2003; WRIGHT e HOOK, 2007).

Travessias em nível são feitas através de faixas de pedestres; enquanto as elevadas por meio de passarelas, rampas, elevadores, escadas e escadas rolantes; e, as subterrâneas, túneis (WRIGHT e HOOK, 2007; PDA, GoKP e ADB, 2017).

De modo geral, os pedestres preferem travessias em nível, porque a manutenção das travessias em desnível é precária, geram insegurança e aumentam o tempo de caminhada (ABRASPE, 2001; ULYSSÉA NETO e DIAS, 2003; WRIGHT e HOOK, 2007; SILVA JÚNIOR e FERREIRA, 2008).

Entretanto, há situações em que o uso de travessias elevadas ou subterrâneas torna-se mais vantajoso para o sistema, especialmente em casos de vias de alta velocidade e alto volume de tráfego e em caso de estação implantada no canteiro central, flanqueada por vias expressas de múltiplas faixas (WRIGHT e HOOK, 2007).

Mas, o usuário se sentirá disposto a uma travessia em desnível se, além de oferecer segurança e conforto, ele dispensar o mesmo tempo que levaria para atravessar em nível (ABRASPE, 2001).

É possível adotar soluções de projeto que tornem as travessias em desnível atrativas aos pedestres, tais como (WRIGHT e HOOK, 2007; OMS, 2013):

- Iluminação pública;
- Visibilidade a quem utiliza a passagem;
- Dimensionamento adequado, com passagens largas e rampas suaves (no caso nas passagens elevadas);
- Disponibilizar elevadores;
- Proteger contra enchentes (no caso de passagens subterrâneas);
- Aproveitar a topografia local, com o objetivo de evitar ou reduzir as rampas;
- Não utilização de degraus;
- Proporcionar sensação de abertura;
- Proporcionar acessibilidade; e,
- Transmitir sensação de segurança.

As rampas devem atender a inclinação máxima de 6% (DENATRAN, 2014).

Adicionalmente, melhoramentos na área de abrangência da estação também devem ser realizadas. As medidas propostas pelos autores revisados vão de encontro a um amplo conceito chamado “urbanidades”, que trata da relação dinâmica que se estabelece entre as atividades urbanas cotidianas e o espaço público adequado a sua realização (JACOBS, 2011; MEYER, 2002). Os melhoramentos vão desde a criação de zonas pedestrianizadas e espaços compartilhados (WRIGHT e HOOK, 2007; CERVERO e KANG, 2010), qualificação das funções de transporte (LOGIT et al., 2015b) e intervenções urbanísticas (LEVINSON et al., 2003; LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013).

A qualificação das funções de transporte amplia as possibilidades de uso local, com atividades de apoio aos usuários e também com o aproveitamento econômico em função do aumento do volume de pessoas na região.

A exploração econômica da área de abrangência da estação é uma forma da administração pública apropriar-se de uma parcela da valorização gerada, por ela mesma, na cidade, oportunizando fontes de receita à gestora do sistema de transporte público (CERVERO e KANG, 2010; LOGIT et al., 2015b).

As intervenções urbanísticas procuram alcançar maior acessibilidade e conectividade de estações elevadas e no centro de *freeways* e podem ser classificadas em dois tipos: *Mobile Urbanism* (Urbanismo Móvel, em português) e *Perceptual Links* (Conexões Perceptivas, em português) (LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013). As principais vantagens são os custos reduzidos, em comparação com intervenções paisagísticas e a grande versatilidade, podendo ser aplicadas em uma ampla gama de condições físicas.

Apesar de melhorar a acessibilidade às estações, elas possuem pouco impacto na conversão de áreas adjacentes às estações, pois possuem “capacidade limitada para mitigar as perturbações associadas às infraestruturas de trânsito e *freeways*, como ruído, vibrações ou má qualidade do ar” (LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013, p.14, tradução minha).

*Mobile Urbanism* faz uso de diversos meios para conectar a infraestrutura de transporte a áreas próximas à estação ou mais remotas, tais como: passarelas, escadas rolantes e pontes.

A intervenção *Perceptual Links* utiliza gráficos, narrativas (grafites ou pinturas para serem lidos de forma sequencial), murais (que contam histórias da vida urbana contemporânea ou passada) e sinais, com o objetivo de facilitar uma ligação perceptiva da infraestrutura de

transporte com o desenvolvimento dos arredores, como exemplificado na Figura 7 (LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013).

McNeil, Duncan e DeVitis (2016) defendem tais iniciativas destacando a importância da arte na criação de um ambiente “vibrante” e atrativo. Levinson et al. (2003) ressaltam que a utilização de formas, materiais e cores específicas em elementos do sistema de BRT (estações, sinalização, calçadas) cria uma identificação do usuário com o sistema e auxilia no estabelecimento de uma “marca” para o BRT, uma identidade.

Figura 7 – Exemplos de *Perceptual Links*: a) *Big Blue Bus Stops* (EUA); b) Metrô de Bilbao (Espanha); c) *Omoide no Shotokyo* (Lembrança da velha e pequena Tóquio) (EUA).



Fonte: Abitare (2015), Arquitetura destaque (2017); Kcet (2014); Omoide No Shotokyo (1996).

A constituição de um ambiente atrativo, como as intervenções urbanísticas, para os usuários, especialmente os pedestres, precisa estar aliada a ações específicas para a garantia de sua segurança. A OMS (2013) apresenta recomendações para a segurança do pedestre quanto às

calçadas e às faixas de pedestres. Especificamente sobre as calçadas, a OMS (2013) destaca que elas devem:

- Estar disponível em ambos os lados da rua;
- Ter superfície de material rígido;
- Ser separada de outros veículos por meio-fio, contínua e livre de obstáculos e de largura adequada;
- Receber manutenção constante;
- Possuir rampas de acesso; e
- Possuir marcações, sinalizando o uso compartilhado por pedestres e ciclistas, quando for o caso.

Em relação às faixas de pedestres, a OMS (2013) orienta que estas devem ser instaladas em intersecções ou locais de grande travessia de pedestres, combinadas com “melhorias físicas da via que reforçam a travessia e/ou a redução de velocidade dos veículos”; seu local de instalação deve proporcionar o caminho mais direto e curto possível; estarem devidamente sinalizadas com avisos táteis e sonoros (para indicar a mudança das luzes do semáforo); e não prejudicarem a visibilidade entre veículos e pedestres, instalando iluminação adequada ou retirando objetos que possam bloquear a visão de ambos (OMS, 2013).

Como o ambiente construído exerce forte influência na caminhabilidade do sistema, todo projeto de implantação de estações deve incluir em sua concepção estratégias que melhorem e aumentem a caminhabilidade dessa região. O projeto da estação – edificação e área de abrangência –, se incorporar essas estratégias, pode fazer com que a estação seja um agente contra os efeitos negativos gerados pela construção de grandes obras viárias na cidade, a rodovia sendo um exemplo.

### 2.3 CONCEPÇÃO DE PROJETO DA ESTAÇÃO

Na concepção do projeto da estação, dentre outras tarefas, o projetista deve dimensionar e locar a estação.

Um local que tem se mostrado promissor para a locação da estação em rodovias com cruzamentos em desnível é justamente esse local de cruzamento, devido à confluência de vias e a possibilidade de conectar a estação à malha viária da região (LEVINSON et al., 2003; SADOWSKI et al., 2016; BRAVO et al., 2016). O posicionamento da estação no cruzamento da rodovia com a rua local implicará que ela esteja mais elevada do que o nível de sua área de abrangência.

Esse não é o único local onde a estação pode ser implantada, porém é mais vantajoso implantar a estação no cruzamento do que longe dele, uma vez que rodovias de alta capacidade de tráfego possuem poucos acessos.

Nesta configuração, as características dessa estação se assemelham a uma estação elevada (porém não suspensa acima do corredor). Por isso, é importante aprofundar as consequências desse tipo de estação para a atratividade do sistema e que medidas podem ser tomadas a fim de minimizar os efeitos negativos.

### **2.3.1 Locação da estação**

A locação da estação é um dos aspectos mais importantes, pois a principal função dessa etapa é posicionar a estação de tal modo na via que seja capaz de maximizar o potencial número de viagens realizado (WRIGHT e HOOK, 2007).

Um posicionamento efetivo da estação de BRT deve proporcionar a conexão da estação com instalações públicas e privadas bem selecionadas (distritos de negócios, complexos de escritórios, universidades, escolas, centro culturais, recreativos e áreas residenciais densas), assim como conectá-la a outras redes de transporte (principais rotas de ônibus e/ou principais rodovias arteriais que cruzam ou convergem na linha BRT) (LEVINSON et al., 2003; JICA, 2012).

Para a determinação do local da via onde a estação será inserida avalia-se o ambiente construído, utilizando o conceito 5D's (CERVERO e KOCKELMAN, 1997; SADOWSKI et al., 2016; BRAVO et al., 2016).

As análises realizadas a partir dos 5D's<sup>7</sup> possibilitam compreender a região onde se deseja implantar uma estação e identificar quais locais seriam mais bem-sucedidos em atrair a demanda existente na região (BRAVO et al., 2016; SADOWSKI et al., 2016).

### **2.3.2 Configurações de estações**

O projetista deve simultaneamente à avaliação do local mais adequado para implantar a estação, analisar os tipos de estações existentes, sua configuração, posicionamento e qual modelo melhor se adaptaria às condições de campo.

---

<sup>7</sup> Densidade populacional, diversidade do uso do solo, desenho urbano, acesso ao destino e distância ao transporte público.



As estações de BRT podem estar posicionadas no centro da via (canteiro central) ou em uma via lateral, tendo via exclusiva ou não (LEVINSON et al., 2003; WRIGHT e HOOK, 2007; CERVERO, 2013). A Figura 8 apresenta uma estação de BRT no centro do corredor, em Quito (Equador) (a), uma na lateral do corredor, em Guangzhou (b) (à direita), e uma parada convencional de ônibus, em São Paulo (c).

As situações nas quais se acessa o ônibus como em Guangzhou, as plataformas são laterais e, por isso, compatíveis com as configurações de porta dos ônibus convencionais (Figura 8, c), uma vez que elas estão tipicamente no lado direito. O acesso pelo centro do canteiro central exigiria, como em Quito, portanto, uma readequação dos ônibus, seja operando no contra-fluxo seja com configurações de portas no lado esquerdo (ou em ambos os lados).

Figura 8 – Posicionamento da estação em relação ao corredor e parada de ônibus convencional: a) Quito – centro; b) Guangzhou – lateral; c) São Paulo – parada convencional.



Fonte: ITP World (2017) e Avener Prado (2015).

A presença de portas em ambos os lados encarece a operação e reduz a capacidade de passageiros sentados e portas à esquerda impediriam que esses veículos trafegassem fora do corredor (LEVINSON et al., 2003).

Levinson et al. (2003) afirmam estações em canteiro central oferecem uso mais eficiente das instalações do sistema. Wright e Hook (2007) e Cervero (2013) não consideram a possibilidade de estações no lado direito dos ônibus, pois assumem que como a maioria dos corredores de ônibus está no centro das vias, as estações também estão.

Quando as estações estão no canteiro central (posicionamento mais comum nos sistemas de BRT existentes) pode ocorrer de dois veículos pararem ao mesmo tempo, causando uma superlotação e ultrapassando a carga de pico da estação. De acordo com o Manual do BRT (WRIGHT e HOOK, 2007) o posicionamento e as dimensões físicas das estações podem ser manipulados a fim de reduzir a seção transversal requerida. Velocidades de operação mais baixas também possibilitam faixas de rolamento mais estreitas (JICA, 2012).

Quanto às soluções a serem aplicadas especificamente às estações, o Manual do BRT (WRIGHT e HOOK, 2007) e o estudo de projetos implantados (SÃO PAULO, 2013; PDA, GoKP e ADB, 2017) fornecem alternativas.

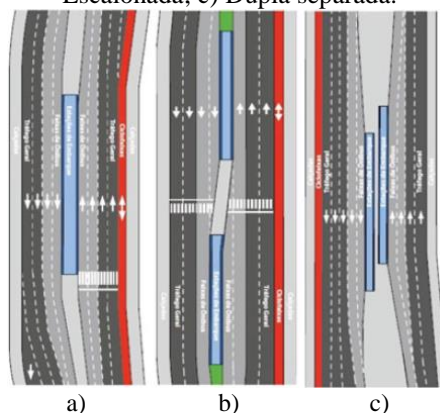
Uma estação única no canteiro central é o tipo de estação mais conveniente ao usuário e ao projeto, uma vez que não serão necessárias travessias auxiliares caso o usuário deseja mudar seu sentido, porém de modo geral essa configuração exige maior largura.

Se as portas da estação, em ambos os sentidos, estiverem uma à frente da outra, a seção transversal da estação deverá ser maior, contudo, uma alternativa a essa questão seria deslocar as portas. Para compensar o não acréscimo de largura, a estação deverá ser mais longa (WRIGHT e HOOK, 2007).

Quando há limitação de espaço físico na seção transversal, pode-se utilizar uma estação escalonada. Esse tipo de estação consiste em dividir a estação em duas subestações separadas fisicamente, de modo a cada uma atender um sentido de viagem. Como cada subestação recebe metade dos passageiros, terá seção transversal menor (WRIGHT e HOOK, 2007).

O escalonamento foi adotado para algumas estações no sistema BRT de São Paulo e de Peshawar (SÃO PAULO, 2013; PDA, GoKP e ADB, 2017). A Figura 9 traz exemplos das diferentes configurações citadas: plataforma única (a), plataforma escalonada (b) e plataforma dupla separada (c).

Figura 9 – Configurações de estação conforme a plataforma: a) Única; b) Escalonada; c) Dupla separada.



Fonte: São Paulo (2013).

Na configuração de estação escalonada (Figura 9, b) o sistema deverá prever conexões para os usuários que desejam acessar a outra subestação, podendo ser túneis, passarelas (PDA, GoKP e ADB, 2017) ou sistemas de tarifas capazes de reconhecer esses usuários. Construir duas estações tende a ser mais custoso do que apenas uma (WRIGHT e HOOK, 2007).

### 2.3.3 Dimensionamento da estação

Os principais componentes definidos no dimensionamento de uma estação são sua seção transversal (largura) e seu comprimento, os quais devem ser tais que a estação comporte tanto os passageiros embarcando no ônibus, quanto desembarcando ou aguardando-o. O comprimento da estação depende do volume de passageiros, dos volumes de veículos que ela receberá e do tipo de veículo em operação no corredor (LEVINSON et al., 2003; WRIGHT e HOOK, 2007).

A seção transversal da estação, referente à plataforma, é dimensionada considerando a área de embarque/desembarque e área de espera. Wright e Hook (2007) identificaram que as estações geralmente possuem plataforma de 2,5 a 5,0. Cervero (2013), contudo, afirma que a largura ideal da estação seria 6 m.

Entretanto, a largura deve ser calculada levando-se em consideração a demanda e a frequência dos ônibus. O Manual do BRT

contém os cálculos necessários na Parte III – Projeto Físico (WRIGHT e HOOK, 2007).

As estações podem possuir plataformas baixas, quando os ônibus operantes têm piso baixo, ou plataformas elevadas (Figura 12). A altura da plataforma é importante para proporcionar um embarque/desembarque seguro e eficiente (LEVINSON et al., 2003).

Em São Paulo (2014), no projeto do BRT na Perimetral, as estações possuem 52,50 m de comprimento. Segundo Levinson et al. (2003), a Linha Prata de Boston tem plataformas longas de 67 metros aproximadamente, podendo acomodar três ônibus articulados. O corredor da TransMilênio, por sua vez, em Bogotá, tem estações de até 152,40 m (LEVINSON et al., 2003). Levinson et al. (2003) afirmam que estações pouco movimentadas acomodam geralmente de 2 a 3 ônibus, ou seja, teriam de 42 a 63 m mais espaço para manobra.

De acordo com o Manual de uma fabricante de ônibus (Mercedes-Benz, 2016), pela sua experiência na operação de transportes coletivos, os ônibus necessitam de uma distância total 1,6 vezes o seu comprimento para entrar, permanecer e sair da plataforma sem precisar de manobras adicionais (ré e ajustes dentro da vaga, por exemplo). Isso implicaria em uma estação de 67,2 m, se ela recebesse 2 ônibus articulados (23 m) por vez.

### **2.3.4 Intervenções arquitetônicas em estações elevadas**

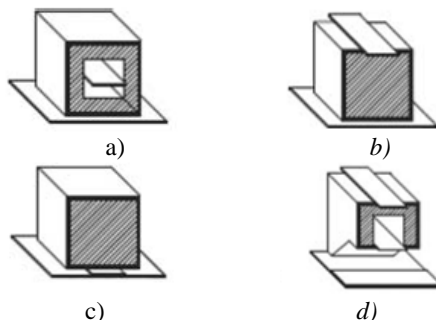
A localização da estação em um nível distinto da área de abrangência significa mais uma barreira ao acesso e pode contribuir negativamente ao desempenho do sistema.

Loukaitou-Sideris et al. (2013) realizaram um estudo sobre estações elevadas em vias férreas, em Los Angeles. A partir de seus levantamentos, os autores sugeriram quatro intervenções arquitetônicas para melhorar a acessibilidade, o que significa a criação de um ambiente convidativo e agradável aos pedestres (Figura 10).

A intervenção, que foi denominada *Full Knot* (Figura 10, a), consiste em criar uma estrutura ao redor da via (por todos os lados), a qual teria as funções de estação e proteção dos usuários contra o ambiente externo. Esse tipo de estação é capaz de oferecer novos usos à área de entorno, como desenvolvimento comercial, residencial e recreacional. Por outro lado, possui como desvantagens o elevado custo, uma vez que inclui intervenções na área de abrangência, a disponibilidade de espaço físico em ambos os lados da via e a

dificuldade de mitigação do ruído e outros incômodos que podem afetar às proximidades (LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013).

Figura 10 – Intervenções arquitetônicas em estações elevadas: a) *Full Knot*<sup>1</sup>; b) *Viaduct Path Above*<sup>2</sup>; c) *Viaduct Path Below*<sup>3</sup>; d) *Bridge*<sup>4</sup>.

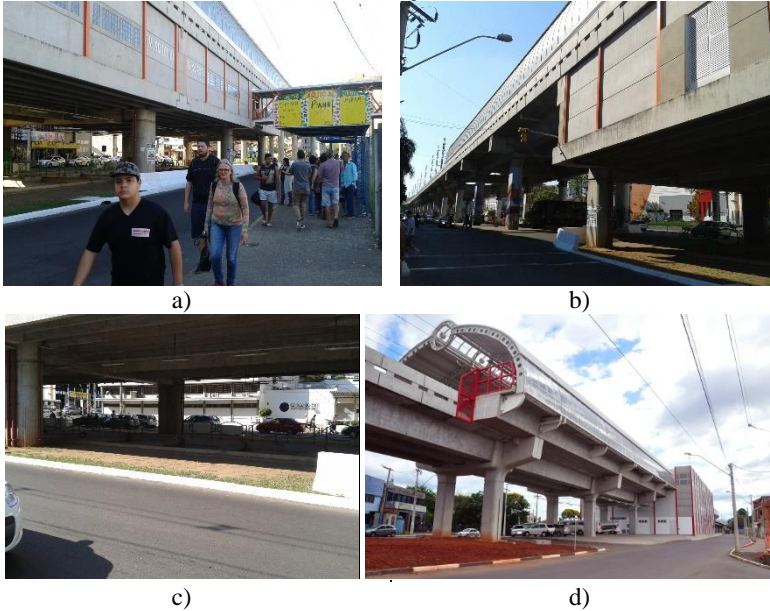


Legenda: 1: Nó completo; 2: Viaduto com via acima; 3: Viaduto com via abaixo; 4: Ponte. Fonte: Loukaitou-sideris et al. (2013).

A intervenção *Viaduct Path Above* (Figura 10 b) utiliza o espaço abaixo do corredor para incorporar à estação outras atividades que estariam acontecendo no nível da rua. A principal vantagem dessa opção é o aproveitamento de uma área indesejável ou de difícil desenvolvimento e as desvantagens, de modo semelhante à intervenção anterior, seriam o ruído somado à vibração do tráfego (LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013).

A intervenção *Viaduct Path Below* (Figura 10, c) utiliza o conceito inverso ao da intervenção *Viaduct Path Above*, utilizando o espaço acima do corredor. Sua principal vantagem reside em utilizar o espaço aéreo da estação. Como desvantagens podem ser citados os elevados custos de construção, o ruído e as vibrações do tráfego (LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013). No sistema urbano de trem da Região Metropolitana de Porto Alegre, há estações elevadas que seguem conceito similar ao *Viaduct Path Below*, como apresentado pela Figura 11.

Figura 11 – Estação Novo Hamburgo (Novo Hamburgo, RS) modelo similar de intervenção *Path Below*: a) Conexão de acesso à estação; b) Estação e trilho elevados; c) Vão abaixo da estação; d) Estação (construção).



Fonte: Elaborado pela autora (julho, 2017) e TRENSURB (2013).

A intervenção *Bridge* (Figura 10, d) consiste em construir uma ponte acima de toda a infraestrutura viária, promovendo o acesso à estação por cima. Essa intervenção não se refere a uma ponte para o tráfego, mas utiliza esse conceito para inserir diferentes usos e atividades acima da infraestrutura e incorporados à estação. Essa intervenção possibilitaria a conexão das regiões laterais ao corredor, porém seu custo se torna viável apenas se a densidade populacional for alta (LOUKAITOU-SIDERIS et al., 2013).

Em estações elevadas invariavelmente haverá uma área disponível sob a estação, a qual deve ser apropriada pelo poder público, a fim de que esse espaço cumpra sua função social (BRASIL, 2001; SÃO PAULO, 2015). Decorre daí a necessidade de utilizar intervenções que possibilitem o uso dessa área para a melhoria da vida urbana da área de abrangência da estação.

Essas intervenções contribuem na atração dos usuários do transporte coletivo, pois melhoram as condições de acesso e a inclusão

de pontos de comércio e serviços. Proporcionam também redução à exposição e contato dos usuários com o tráfego.

## 2.4 PROJETOS EXISTENTES PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS

Em decorrência da importância das BR-101/SC e BR-282/SC na melhoria do deslocamento na RMF, há diversos estudos e propostas de intervenções nas rodovias. Na BR-101/SC está em andamento a construção do Contorno Rodoviário de Florianópolis. Para a BR-282/SC há um projeto de ampliação, que está em fase de captação de recursos. Para ambas as rodovias, há estudos sobre a inclusão de estações de BRT nos trechos mais urbanizados das rodovias (em Florianópolis e São José).

### 2.4.1 Contorno Rodoviário de Florianópolis

O Contorno Rodoviário de Florianópolis é uma nova rodovia que está sendo implantada com o intuito de desviar o tráfego da região metropolitana da Grande Florianópolis, especialmente o de longa distância e pesado. Os seus 50 quilômetros de extensão passam por quatro municípios: Governador Celso Ramos, Biguaçu, São José e Palhoça, conforme Figura 12. Esta é a principal obra da Autopista Litoral Sul, do Grupo Arteris (Arteris, 2017).

Figura 12 – Representação do Contorno de Florianópolis (verde).



Fonte: Arteris (2017).

O Contorno visa desviar principalmente o tráfego pesado passante, ou seja, aquele que não se destina à RMF. Os estudos mostram

que de 15% a 20% do volume de veículos na rodovia BR-101 é de veículos pesados e destes, 35% são viagens de passagem.

#### **2.4.2 Projeto Consórcio Via Expressa**

Esse projeto, elaborado por um consórcio de empresas denominado “Via Expressa”, prevê a ampliação da BR-282/SC, acrescentando faixas de rolamento, corredor de transporte coletivo, calçadas, ciclovias.

O projeto será apresentado com maiores detalhes na subseção 5.2.

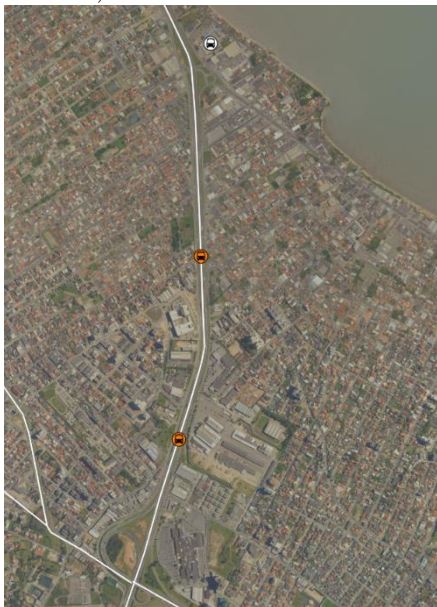
#### **2.4.3 Observatório da Mobilidade – UFSC**

O Observatório da Mobilidade da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) continuou estudos realizados no Plamus e através de uma parceria com a Superintendência de Desenvolvimento Urbano da Região Metropolitana da Grande Florianópolis (SUDERF) ampliou o que foi desenvolvido no Plamus, agregando novas propostas para a melhoria da mobilidade urbana da Região Metropolitana de Florianópolis. Algumas de suas principais contribuições são: projeto operacional de linhas alimentadoras e troncais do sistema de BRT, análise e crítica do projeto do Anel Viário de Florianópolis e inclusão de estações de BRT nos corredores na BR-101/SC e BR-282/SC (Observatório da Mobilidade, 2016).

As Figuras 13 e 14 apresentam a localização de algumas das estações propostas nas rodovias.



Figura 13 – Localização provável das estações de BRT na rodovia BR-101/SC, ao norte da BR-282/SC.



Fonte: Observatório da Mobilidade (2017).

Figura 14 – Localização provável das estações de BRT na rodovia BR-282/SC.



Fonte: Observatório da Mobilidade (2017).

A partir desses estudos, o Observatório da Mobilidade elaborou projetos esquemáticos para as estações propostas e de possíveis interferências na área de abrangência, baseando-se em recomendações gerais do Manual do BRT.



### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa assume que é imprescindível para a mobilidade da Região Metropolitana de Florianópolis a existência tanto de corredores para transporte coletivo quanto de estações de embarque/desembarque nos corredores nas rodovias BR-101/SC e BR-282/SC, isto é, parte-se de conclusões dos estudos do PLAMUS (2014c). Porém, essa premissa deve ser examinada à luz da conjectura proposta por Cervero et al. (1995) de que estações em canteiros centrais de *freeways* podem ser uma barreira física, além de representar uma barreira visual, psicológica e simbólica aos pedestres, os quais potencialmente a evitarão.

Uma pesquisa bibliográfica extensiva não identificou estudos específicos na literatura sobre atratividade e mitigação de desconfortos na implantação de estações de BRT em canteiro central de rodovia. Assim, o método proposto consiste em revisar estudos de outros contextos construtivos e de ambientes construídos que possam tanto antecipar os problemas que podem ocorrer no caso de uma implantação de estação nas condições aqui propostas quanto apontar as possíveis soluções. Dispondo deste inventário de pesquisas, o método será aplicado em dois estudos de caso, que têm por objetivo mostrar que é tecnicamente possível implantar estações de BRT em canteiro central de rodovias.

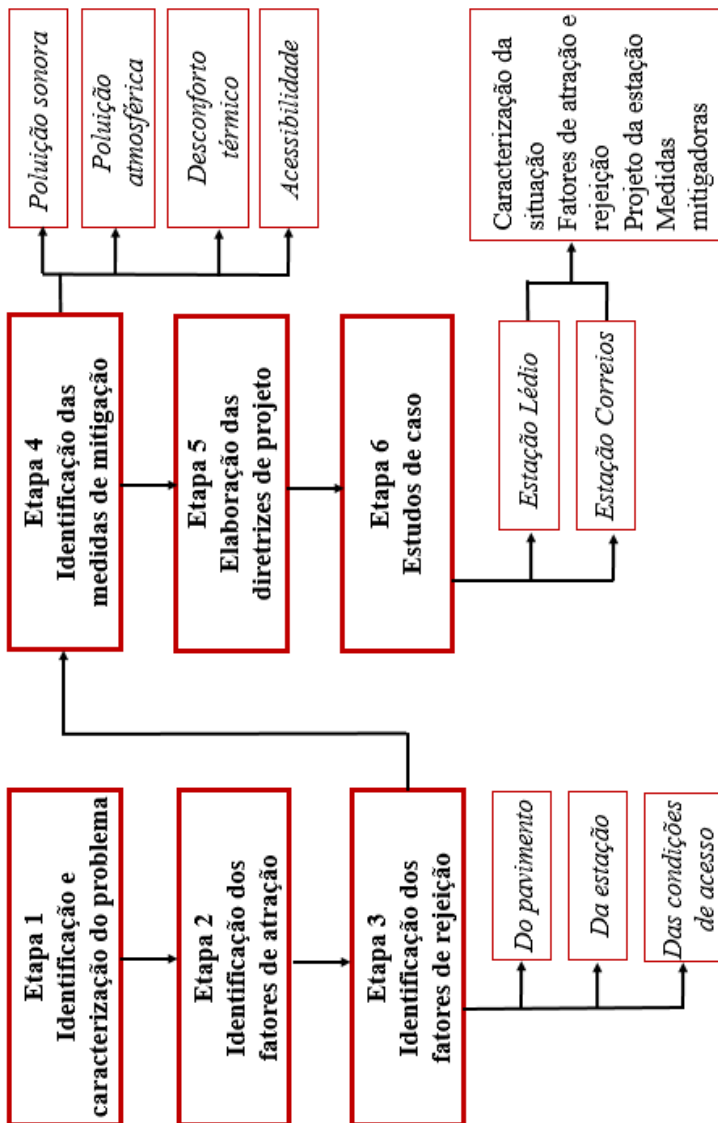
A fim de alcançar os objetivos propostos, o método foi estruturado em seis etapas sequenciais, subdivididas em seções e subseções, conforme representado na Figura 15.

As etapas 1 a 4 abordam o problema da pesquisa, os fatores de atração, rejeição e as medidas de mitigação que podem ser relacionados, assimilados e aplicados ao tema desta pesquisa.

A etapa 5 consolida a abordagem a ser aplicada na etapa seguinte, propondo diretrizes de projeto a serem adotadas em projetos de estação de BRT no canteiro central de rodovias de Classe I-A.

A etapa 6 se refere a dois estudos de caso que avaliam a locação de uma estação de BRT tanto no canteiro central em trechos densamente urbanizados das rodovias BR-282/SC quanto da BR-101/SC, na RMF.

Figura 15 – Diagrama da pesquisa.



### 3.1 ETAPA 1: IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Tanto a percepção dos usuários de transporte coletivo (*Seattle Transit Blog*, 2009; *The Transport Politic*, 2011; *Estolano LeSar Perez Advisors*, 2012; *Critical transit*, 2013; *Pedestrian Observations*, 2014) quanto a literatura indicam que estações de transporte público urbano em rodovias podem não ser atrativas. Além do desconforto, a experiência dos usuários pode ser mais desagradável por conta de fatores psicológicos (aversão a fluxos veiculares de alta velocidade com passagem próxima à estação; sensação de isolamento em local de risco) e simbólicos ("sucesso" dos que passam em automóveis com velocidade; estagnação em local de trânsito rápido), dentre outros.

Entretanto, as rodovias em áreas urbanas representam, em certos casos, os únicos locais capazes de receber infraestrutura de transporte coletivo de média e alta capacidade. Assim, é preciso caracterizar os possíveis causadores da não atratividade de estações situadas nessas rodovias como forma de preparar a elaboração de técnicas mitigadoras e eliminadoras dos fatores negativos do ambiente de implantação.

O problema da pesquisa, deste modo, é investigar as possíveis dificuldades na implantação de estações de BRT no canteiro central de rodovias de alta capacidade de tráfego em ambientes urbanos. Para caracterizar o problema aqui proposto, será necessário (i) apresentar casos de infraestruturas implantadas ou planejadas cujas concepções impõem localização ao longo de rodovias urbanas; (ii) apresentar tipos de modos de transportes de média e alta capacidade que podem requerer espaços em rodovias para a implantação de corredores de transporte coletivo; e (iii) determinar os fatores de atratividade e de rejeição dos equipamentos de infraestrutura usados.

Os materiais de apoio a esta etapa inicial da metodologia referem-se a observações empíricas e estudo de bibliografia especializada. Vale destacar, contudo, que até onde esta pesquisa pode apurar, não existem estações de transporte coletivo em situação idêntica à desta pesquisa. É mais comum bibliografia sobre estações ferroviárias, no centro ou lateral, de *freeways* ou rodovias de alta capacidade, e de estações de BRT em avenidas movimentadas.

### 3.2 ETAPA 2: IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES DE ATRAÇÃO

A identificação dos fatores de atração ocorreu na área de abrangência de cada estação. Essa área é a região dentro de um raio de 800 metros, equivalente à distância percorrida em uma caminhada de 10 minutos, tendo a estação no centro. Esses fatores justificam a

implantação da estação uma vez que destacam os aspectos positivos da área de abrangência e da própria estação.

Assim, foram considerados no estudo o ambiente construído, as condições de caminhada, a demanda de passageiros atual e futura, o uso do solo e o zoneamento. A participação da edificação da estação na atratividade também foi estudada com o objetivo de determinar quais características e amenidades contribuem positivamente à atração de passageiros. Além disso, foram estudadas concepções de locação de estação, a fim de identificar, por exemplo, em que local ela melhor atuaria como polo de atração, com base nas experiências revisadas.

Foram identificados através da análise da densidade populacional e de empregos, oferta de transporte coletivo, uso do solo, zoneamento, condições de manutenção de calçadas e ruas, projetos de empreendimentos e de infraestrutura planejados para a região e/ou rodovia.

Os dados de densidade populacional foram obtidos pelas projeções de 2016 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a partir do Censo de 2010. O zoneamento foi obtido do Plano Diretor da cidade de São José, enquanto o uso do solo (ambiente construído), do cadastro territorial de São José, o qual, infelizmente, não está completo. A densidade de empregos foi elaborada com base na estimativa do número de empregos de cada zona de tráfego, de acordo com dados obtidos no PLAMUS. Obteve-se do PLAMUS, também, o levantamento das linhas de transporte coletivo.

Nesta fase de identificação dos fatores de atração, além do apoio da literatura técnica, contou-se com avaliações *in loco* do local de estudo e/ou através da ferramenta *Street View*, disponível na plataforma "*Google Maps*" (GOOGLE, 2018).

### 3.3 ETAPA 3: IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES DE REJEIÇÃO

A identificação dos fatores de rejeição ocorreu na área de abrangência de cada estação.

Nesta etapa, foram analisados os fatores de rejeição relativos a quatro elementos específicos: tráfego, pavimento, estação e acessibilidade (inclusive as condições de acesso à estação e a acessibilidade da área de abrangência).

Os fatores relativos ao tráfego e ao pavimento foram, categorizados em poluição sonora, poluição atmosférica e desconforto térmico. Por pertencerem a áreas afins, esses fatores de rejeição serão abordados na mesma seção. Serão considerados resultados de pesquisas

que consideram uma pessoa próxima a uma rodovia com volume e composição de tráfego semelhantes às encontradas nos estudos de caso desta pesquisa.

Em caráter complementar, será realizada medição da pressão sonora equivalente produzida pelos veículos nas rodovias de estudo, com o medidor Solo, classe 1 (01dB-METRAVIB, 2002). A medição realizada tem o intuito de caracterizar esse fator de rejeição e de validar equações de estimativa de nível de pressão sonora produzido pelo tráfego da rodovia. O resultado da medição e do cálculo do nível de pressão sonora será comparado aos valores indicados na literatura.

Na identificação dos fatores de rejeição relacionados à estação foi avaliado o conforto que esta promove aos usuários. Deste modo, estarão presentes concepções de dimensionamento (largura da plataforma e comprimento) e locação de uma estação de BRT.

Na identificação dos fatores de rejeição devido a problemas de acessibilidade, as condições de acesso consideram a manutenção e existência de calçadas e ciclovias, o ambiente construído e como este interfere na decisão do pedestre de caminhar na área de abrangência da estação. Além da conectividade das ruas, sua clareza e a preferência (ou não) dada aos pedestres. Outros fatores importantes na acessibilidade são a disponibilidade de linhas de ônibus, de integração modal e os ascensores que dão acesso à estação efetivamente (escadas, escadas rolantes, elevadores etc.).

Na Etapa 3 foram necessários os seguintes dados: estimativa de demanda de passageiros da estação, volume de tráfego previsto no corredor, uso do solo urbano, levantamento das condições de manutenção e de extensão da rede pedonal, levantamento das linhas de ônibus da região, seção transversal de canteiro disponível, iluminação pública e projetos de intervenção existentes para a região de estudo. O volume e composição de tráfego da rodovia BR-101/SC foi obtido dos estudos do PLAMUS (2014b) e da rodovia BR-282/SC, do Consórcio Via Expressa (2014).

Medições de poluição atmosférica, temperatura ambiente e sensação térmica também devem ser feitas, de modo a melhor caracterizar os fatores de atração e rejeição. Porém, essas medições estão além dos limites desta pesquisa.

### 3.4 ETAPA 4: IDENTIFICAÇÃO DAS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

A etapa de identificação das medidas de mitigação tem por objetivo estudar as técnicas existentes que possam reduzir os desconfortos gerados pelos fatores de rejeição e também que possam maximizar as potencialidades dos fatores de atração. A partir de estudos de caso que aplicaram medidas mitigadoras foi possível identificar quais seriam mais apropriadas aos estudos de caso da pesquisa.

As medidas mitigadoras são classificadas em quatro grupos, de acordo com os fatores de rejeição estabelecidos nesta pesquisa: poluição sonora, poluição atmosférica, desconforto térmico e acessibilidade.

Na mitigação do desconforto sonoro é importante considerar o efeito do afastamento entre receptor e fonte sonora. Para avaliar o  $L_{Aeq}$  na área de abrangência, é necessário considerar a dissipação das ondas sonoras com a distância. Através da Equação 3 determina-se a distância entre receptor e fonte, para que o NPS percebido pelo receptor seja o recomendado pela NBR 10.151.

$$L_p = L_{p_0} - 10 \log_{10}(d/d_0) \quad (3)$$

Onde,

$L_p$  – nível sonoro no receptor.

$L_{p_0}$  – nível sonoro na fonte.

$d$  – distância entre fonte e receptor (m).

$d_0$  – distância do ponto medido à fonte (3,60 m; simulando que a medição ocorreu no centro de uma rodovia de faixa dupla, onde a fonte é o centro de cada sentido).

A Tabela 14 apresenta a aplicação da Equação 3 para quatro cenários de  $L_{Aeq}$  da fonte e qual seria a distância necessária entre receptor e fonte.



Tabela 14 – Distância entre receptor e fonte para diferentes cenários de NPS.

$L_p$ (dBA)	$L_{p0}$ (dBA)	d (m)
<b>60</b>	95	11.384
<b>60</b>	90	3.600
<b>60</b>	85	1.138
<b>60</b>	80	360
<b>60</b>	75	114
<b>60</b>	70	36

O conforto sonoro é diferente para os usuários e os funcionários da estação. Para os funcionários da estação deve ser aplicada, a princípio, a NR-15. Esta norma é utilizada principalmente para determinar se o empregador deverá pagar insalubridade ao funcionário ou não e quanto tempo ele poderia trabalhar nas condições de ruído do ambiente de trabalho. A norma permite que o trabalhador permaneça por até 8h em um ambiente com nível de ruído de 85 dBA, o qual está acima do que seria saudável para uma pessoa.

Entretanto, os funcionários que trabalharem dentro da estação estarão protegidos pelo critério de conforto dos usuários, o qual é mais restritivo.

Dentro da estação, o conforto sonoro exige que o nível máximo seja 60 dBA. Este pode ser alcançado utilizando isolamento acústico, com materiais isolantes, como portas e divisórias de vidro triplo (Isolar, 2017). Nesse caso, a estação precisaria ter ventilação forçada, uma vez que esse tipo de isolamento exige que não haja aberturas, para seu melhor funcionamento. Além de tornar obrigatório o uso de climatização.

Outra medida para mitigação da poluição sonora na estação é a implantação de barreira acústica entre o corredor exclusivo e o tráfego misto. Não fez parte do escopo desta pesquisa dimensionar uma barreira acústica, porém a literatura indica bons resultados na mitigação sonora. Cabe ao projetista avaliar o custo-benefício de cada solução possível.

Para o conforto sonoro na área de abrangência, uma medida com bons resultados é a implantação de faixa de rolamento com revestimento poroso. Ou ainda a combinação com barreira acústica, conforme a distância das edificações ao corredor exclusivo.

O conforto atmosférico é subjetivo, porque algumas pessoas são mais suscetíveis do que outras. Porém, o mínimo a ser atendido está

estabelecido pela legislação. A redução da poluição atmosférica exige, antes de mais nada, políticas públicas próprias e abrangentes.

O sistema de BRT pode colaborar com essas políticas adotando técnicas limpas e sustentáveis. Alguns exemplos seriam: veículos movidos a combustível não-fóssil; incorporação à estação de técnicas de degradação dos poluentes, como concreto fotocatalítico na estrutura da estação, na barreira acústica (se existir) e/ou no pavimento; e, uso de vegetação, a qual “captura” os poluentes. O sistema de climatização da estação pode conter filtros de ar.

O conforto térmico é igualmente subjetivo e o único limite existente refere-se ao ambiente interno da estação, de 25°C. Porém, a influência da temperatura do ambiente externo é significativa para o usuário. Deste modo, técnicas de redução de sensação térmica na área de abrangência devem ser adotadas, como a arborização (sempre que possível), uso de pinturas reflexivas, dentre outras.

Para o conforto do interior da estação, é obrigatório o uso de climatização, especialmente no verão. Para que não seja necessário um sistema de alta potência, a estação deve ser construída com técnicas e materiais que contribuam com a redução da carga térmica a ser minimizada pela climatização, tais como: cobertura vegetal, ventilação cruzada, uso de materiais adequados, orientação solar, dentre outros.

A acessibilidade torna-se um desconforto quando não é atendida. Por isso, a NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos é a principal referência. Medidas urbanísticas e arquitetônicas complementam as ações de intervenção, as quais serão mais aprofundadas na Etapa 5.

### 3.5 ETAPA 5: ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES DE PROJETO

Esta etapa consiste na conclusão das etapas anteriores, elaborando as diretrizes de projeto. Essas, por sua vez, estão divididas em três grupos: identificação dos fatores de atração e rejeição, limites de conforto a serem atendidos pelas medidas de mitigação e dimensionamento da estação.

Esse conjunto de procedimentos serão aplicados aos estudos de caso e destinam-se a qualquer projeto de implantação de estações em condições semelhantes às desta pesquisa.

A identificação dos fatores de atração e rejeição apresenta uma lista de variáveis e dados referentes à área de abrangência da estação e à cidade em que está inserida, que devem ser estudados e aprofundados, conforme mostrado nas Etapas 2 e 3.

Os limites de conforto, isto é, os parâmetros que o projeto da estação deve ser basear e que orientam as medidas de mitigação estão sistematizados na Tabela 15. Os apêndices A, B e C mostram a representação gráfica dos limites a serem atendidos, quando à poluição sonora, à poluição atmosférica e ao desconforto térmico. Esses limites foram estabelecidos a partir da revisão de literatura realizada e das principais recomendações de estudos de caso analisados.

Tabela 15 – Limites de conforto a serem atendidos.

<b>Aspectos</b>	<b>Limites</b>	<b>Normas</b>
<b>Conforto sonoro</b>	60 dBA, para os usuários da estação 55-60 dBA, na área de abrangência	Brüel e Kjaer (2000) NBR 10.151 (2000)
<b>Conforto atmosférico</b>	Monóxido de carbono: 2,7 g/km Hidrocarbonetos totais: 0,50 g/km Hidrocarbonetos não metano: 0,06 g/km Óxidos de nitrogênio (ciclo Diesel): 0,43 g/km Aldeídos: 0,04 g/km Material particulado: 0,06 g/km	CONAMA (2003)
<b>Conforto térmico</b>	Ambiente interno da estação: 25 °C	ASHRAE Standard 55 (2013) NBR 16.401 (2008)
<b>Acessibilidade</b>	-	NBR 9.050 (2004)

A estação e a área de abrangência também devem seguir parâmetros que visam sua atratividade. A Tabela 16 reúne as principais características do que deve oferecer uma estação de BRT e uma área de abrangência. O Apêndice D apresenta uma representação gráfica das características e elementos da área de acesso.

Tabela 16 – Características da estação de BRT e da área de abrangência recomendadas.

<p><b>Estação de BRT recomendada</b></p>	<p>Acessibilidade universal          Proteção (poluição atmosférica, acidentes) e segurança          Conforto térmico (ar condicionado, ventilação) e acústico          Confortável (espaçosa, bancos)          Comodidades (banheiros, informação de itinerário e horários das linhas, bebedouros, lojas de conveniência, <i>internet wi-fi</i>)          Limpeza e iluminação          Plataforma de embarque/desembarque em nível          Pagamento pré-embarque com máquinas de bilhetagem</p>
<p><b>Área de abrangência recomendada</b></p>	<p>Calçadas largas e preferência ao pedestre          Limpeza das ruas e calçadas          Conforto térmico (arborização)          Iluminação e segurança (acidentes, contra terceiros)          Uso diversificado do solo, especialmente comércios e serviços          Forma arquitetônica e urbana          Mobiliário urbano          Atendida por linhas de transporte coletivo frequentes</p>

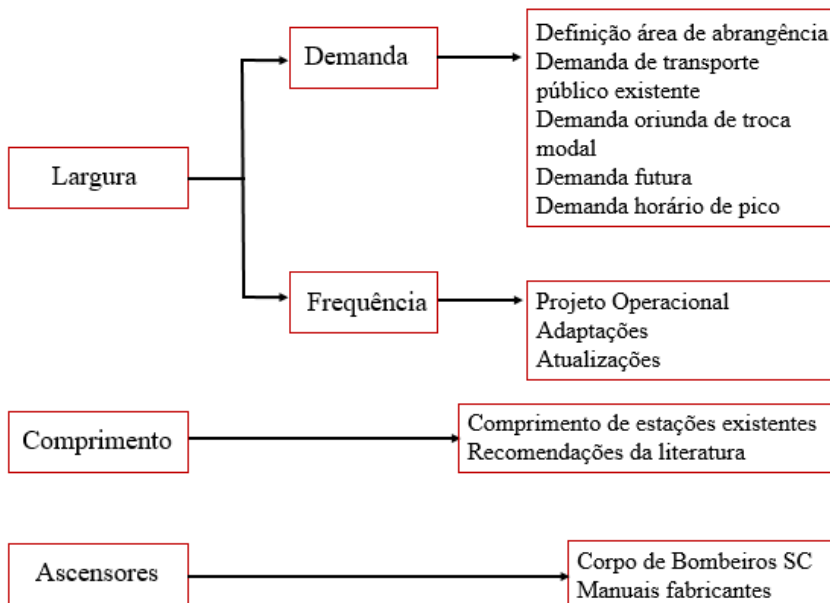
Fonte: Adaptado de ABNT (2000), Levinson et al. (2003), Wright e Hook (2007), OMS (2013), Jacobs (2011), JICA (2012).

O Apêndice E propõe um modelo de estação e área de abrangência que agrega os limites de conforto e as principais medidas de mitigação.

No dimensionamento da estação, último grupo desta etapa, propôs-se um método alternativo para o cálculo da estimativa de demanda de passageiros da estação. Esse método pode ser aplicado quando não está disponível o projeto operacional das linhas dos corredores de BRT, os quais fornecem informações de embarque/desembarque por estação.

O projeto da estação inclui dimensionar largura, comprimento e ascensores. A Figura 16 apresenta a esquematização dos elementos do dimensionamento e suas variáveis.

Figura 16 - Esquemática dos elementos do dimensionamento da estação de BRT.



O Manual do BRT, Parte III – Projeto Físico (WRIGHT e HOOK, 2007) apresenta os cálculos necessários para projetar a largura da plataforma, os quais utilizam os parâmetros observados na Figura 15.

De acordo com o Manual, a demanda da estação corresponde ao número de passageiros embarcando e desembarcando na estação. Na eventualidade de não se dispor do projeto operacional completo das linhas, o qual teria essa informação, o Manual orienta utilizar o número atual de passageiros embarcando nas linhas que serão incorporadas ao sistema BRT.

O projeto operacional das linhas do BRT elaborado pelo Observatório da Mobilidade da UFSC (Observatório da Mobilidade, 2017) contém o número de passageiros de cada linha. Entretanto, como esse projeto não previa estações nos corredores de BRT, não é possível estimar através dele a demanda de cada estação.

Assim, julgou-se mais apropriado utilizar como estimativa de passageiros a demanda existente na área de abrangência da estação. Desta região, obteve-se o número de viagens realizado entre a área de

abrangência e demais bairros da RMF, a partir das pesquisas OD realizadas no PLAMUS (Observatório da Mobilidade, 2017).

Para a estimativa da demanda, sobrepe-se raios de caminhada de 800 metros (considerando a malha viária existente) às zonas de tráfego da região, que informam a quantidade de viagens realizadas a partir das áreas de caminhada. Como as áreas de caminhada não se sobrepeem inteiramente às zonas de tráfego, deve-se determinar níveis de sobreposição em porcentagem. Utilizando fatores de expansão aos dados da pesquisa origem-destino realizada pelo PLAMUS, obteve-se o total de viagens por zona. O número de viagens representa as pessoas que já utilizam o transporte coletivo e que provavelmente continuariam utilizando-o, após a implantação do sistema de BRT.

Ao se implantar um sistema de alta capacidade e com qualidade superior ao existente, pode ocorrer a migração de usuários do transporte individual para o coletivo. O número de viagens referente a esta troca modal corresponde a uma porcentagem das viagens por transporte individual.

A composição modal da RMF em 2014 era de 40% transporte coletivo e 60% transporte individual (PLAMUS, 2014a). Paradedda, Kraus e Carslon (2014) mostraram, por meio de simulação de tráfego, que uma trocal modal de 20% possibilitaria implantar uma faixa exclusiva para ônibus no acesso à ilha de Florianópolis, que triplicaria a velocidade destes, enquanto os automóveis teriam mantida a sua velocidade.

Contudo, observa-se na prática apenas uma troca de 15%, situação em que transporte individual e coletivo representariam 50% da composição modal, cada um. Na Tabela 17 observa-se a composição modal atual e as futuras, de acordo com a troca modal ideal (30%) e a observada, na prática (15%). A troca modal ideal refere-se à meta estabelecida pelo PLAMUS (2014c).

Tabela 17 – Composição modal em diferentes cenários.

	<b>Transporte Coletivo (%)</b>	<b>Transporte Individual motorizado (%)</b>	<b>Troca modal aproximada (%)</b>
<b>Atual</b>	40	60	-
<b>Ideal (PLAMUS, 2014c)</b>	60	40	30
<b>Paradedda, Kraus e Carslon (2014)</b>	52	48	20
<b>Prática</b>	50	50	15

Deste modo, adotou-se troca modal de 15%. Essa porcentagem foi aplicada na soma de viagens entre a área de abrangência da estação e bairros de São José e os municípios de Biguaçu, Florianópolis e Palhoça.

A demanda de viagens futura não pode se restringir à proveniente da troca modal, mas também pelo crescimento populacional. Segundo o IBGE, em 2016, a população de São José era de 236.029 habitantes. Utilizando dados do IBGE (2010), um estudo da Associação dos Municípios da Grande Florianópolis estimou que a população da Grande Florianópolis começará a decrescer em 2045, onde São José estará com uma população entre 330 mil e 340 mil habitantes. A projeção da população do município indica um crescimento de 40% a 44% até a população estagnar e começar a decrescer (CAMPANARIO e MAMERI, 2015). Portanto, para fins de projeto, assumiu-se crescimento de 40% a ser incorporado na soma das parcelas de viagens provenientes da troca modal e as que já ocorrem por transporte coletivo.

A partir da demanda, determinou-se o número de passageiros do horário de pico, o qual corresponde de 10% a 12% do volume total de passageiros em um dia. A Equação 4 apresenta a equação desenvolvida para o cálculo da demanda da hora-pico, elaborado nesta pesquisa.

$$D_{pico} = [(viagens\ TC + 0,15 * viagens\ TI) * 0,40] * 0,12 \quad (4)$$

Onde,

viagens TC – número de viagens por transporte coletivo.

viagens TI – número de viagens por transporte individual.

0,15 – troca modal.

0,40 – crescimento populacional.

0,12 – demanda de hora de pico.

A frequência das linhas de cada estação foi determinada a partir de adaptações e atualizações do projeto operacional elaborado pelo Projeto Neotrans (Observatório da Mobilidade, 2016). Essas adaptações e atualizações são necessárias, pois no projeto operacional não estão previstas estações nos corredores da BR-101/SC e BR-282/SC, pois este considerava que todas as linhas eram expressas (sem paradas).

Para o dimensionamento da estação assumiu-se que uma porcentagem dos horários de cada linha não iria parar na estação. A fim de manter a característica fundamental das linhas de serem expressas, é comum, no projeto operacional, assumir que os veículos pararão em

estações intercaladas e que em alguns horários, eles realizam um trajeto sem paradas.

Em cada estação foi considerada uma porcentagem diferente, explicitada no estudo de caso correspondente. Assim, a frequência de ônibus da estação é uma combinação da média de frequência de todas as linhas daquela estação.

O comprimento da estação é determinado a partir da estimativa de quantos ônibus estarão parados na estação ao mesmo tempo, a qual, por sua vez, está definida no projeto operacional do sistema, e qual o seu comprimento. Adotou-se que todos os ônibus que utilizarão o corredor de BRT serão articulados e possuem 23 m de comprimento. Contudo, nesta etapa, também foi necessário fazer adaptações e atualizações, tendo em vista a concepção de projeto adotada originalmente pelo PLAMUS (2014c).

Para determinar o comprimento da estação é necessário um dimensionamento detalhado e completo, que está além dos limites desta pesquisa, pelas limitações de seu escopo. Assim, buscou-se na literatura os comprimentos de estações recomendados para estações de pequeno porte (em relação ao número de passageiros), tal qual as estações aqui dimensionadas; buscou-se também recomendações de construtoras de ônibus, foi adotado a Mercedes-Benz® (2016).

O último item do dimensionamento se refere aos ascensores da estação: as escadas, escadas rolantes e elevadores. Estes serão pré-dimensionados de acordo com as instruções da Instrução Normativa IN 009/DAT/CBMSC: Sistema de Saídas de Emergência, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2014). A norma diz respeito especialmente à largura de degraus, patamares, entradas/saídas, inclinação de rampas, altura degraus e equipamentos de segurança dos ascensores.

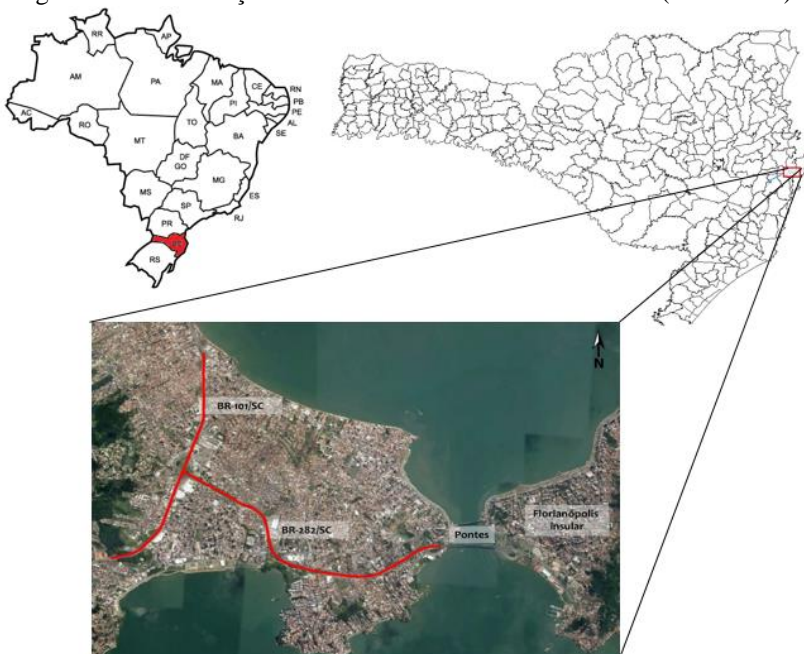
As diretrizes de projeto elaboradas visam proporcionar um guia na aplicação dos Estudos de caso dos Capítulos 4 e 5.

### 3.6 ETAPA 6: ESTUDOS DE CASO

Nesta fase serão aplicadas as diretrizes propostas na etapa anterior em dois estudos de caso em rodovias de Classe I-A, na Região Metropolitana de Florianópolis (Figura 17). Esses estudos de casos tratam de dois projetos de implantação de estação de BRT no canteiro central das rodovias: BR-101/SC, porção compreendida entre os km 203 e 208 Sul, na cidade de São José; e BR-282/SC, trecho dos km 1,0 ao 5,6.



Figura 17 – Localização das rodovias BR-101/SC e BR-282 (sem escala).



Fonte: Adaptado de Fotos Imagens e *Google Earth* (2018).

Em decorrência do adensamento irregular da Grande Florianópolis (Biguaçu, Florianópolis, Palhoça e São José), caracterizado para predominância de moradias no continente e de serviços na ilha, estabeleceu-se ao longo dos anos um movimento pendular da população (LOGIT et al., 2015b; SUGAI, 2015).

Uma parcela significativa desses deslocamentos utiliza a BR-101/SC ou a BR-282/SC em seu trajeto, por isso o PLAMUS definiu que ambas as rodovias que esta pesquisa estuda são importantes corredores para melhorar a mobilidade da RMF, por isso sugere a implantação de corredores BRT na BR-101/SC e na BR-282/SC (PLAMUS, 2014d), destacadas na Figura 17. Porém, não foi previsto a implantação conjunta de estações ao longo desses corredores.

Grupos de estudo como o Observatório da Mobilidade da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e órgãos governamentais como a SUDERF (Superintendência de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis)

têm buscado meios de viabilizar a implantação tanto dos corredores quanto das estações. Alguns resultados das pesquisas desses grupos serão adotados nos estudos de caso.

Considerando os trechos estudados das rodovias, a BR-101/SC e a BR-282/SC são rodovias duplicadas, de alto volume de tráfego, de Classe I-A, com acessos controlados e sem cruzamentos em nível. As travessias de pedestres são realizadas por passarelas ou passagens subterrâneas (específicas para pedestres e ciclistas) e, junto aos demais veículos, por viadutos. Nesse sentido, as duas rodovias estudadas são semelhantes (classe de projeto, volume de tráfego, condições de trafegabilidade), porém quanto ao uso do solo e zoneamento, por exemplo, as rodovias são diferentes.

Foram escolhidos dois locais dessas rodovias para investigar a implantação de uma estação de BRT. O primeiro estudo será na Estação Correios na BR-101/SC, na intersecção com as Ruas do Iano e Antônio Schroeder, São José. E o segundo estudo de caso se refere à Estação Lédio, na intersecção da BR-282/SC com a Rua Koesa, São José. A localização de ambas é mostrada na Figura 18.

Figura 18 – Localização da Estação Correios, BR-101/SC (São José), km 203 Sul e Estação Lédio, BR-282/SC (São José), km 4,5 (sem escala).



Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2018).

Os dois locais foram os escolhidos por serem distintos entre si, representativos das características da faixa de domínio das rodovias e por já existirem projetos ou estudos prévios por parte do órgão administrador da rodovia (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), SUDERF) e grupos de pesquisa da sociedade civil (Observatório da Mobilidade da UFSC). Nos projetos e estudos que estão sendo realizados, são previstas outras estações ao longo das rodovias.

Os capítulos seguintes apresentam os estudos de caso desenvolvidos em cada uma das rodovias, onde aplicou-se as diretrizes de projeto estabelecidas neste capítulo.

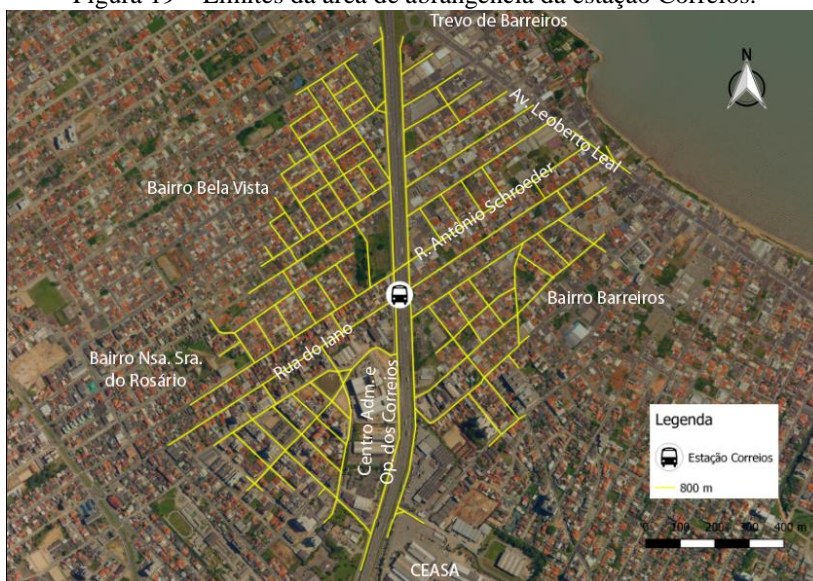


## 4 ESTUDO DE CASO: ESTAÇÃO CORREIOS

### 4.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA ESTAÇÃO

A área de abrangência da estação Correios (Figura 19), localizada em São José/SC, tem seus limites no Trevo de Barreiros, ao norte; a leste, na Av. Leoberto Leal e bairro Barreiros; ao sul, no Centro Administrativo e Operacional dos Correios e a Central de Abastecimento (CEASA); a oeste, bairro Bela Vista e Nossa Senhora do Rosário.

Figura 19 – Limites da área de abrangência da estação Correios.



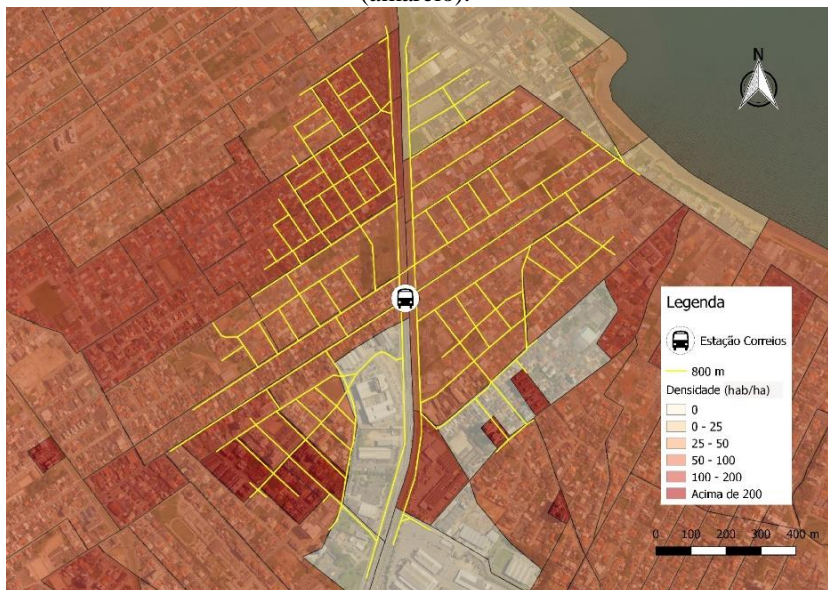
Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

O relevo do terreno é levemente acentuado, o que possibilita supor que os possíveis passageiros, ao caminhar por 10 minutos, estariam caminhando 800 m. Em relação às duas marginais da rodovia, existe um declínio na direção do mar (leste); a rodovia está acima do nível das construções do lado direito (leste) e no mesmo nível, no lado esquerdo (oeste). As nuances do terreno podem ser observadas nas Figuras 24, 25 e 26.

A Figura 20 mostra que a densidade populacional da área de abrangência da estação Correios é relativamente alta, tendo predomínio

da faixa de 50 a 100 habitantes/ha (5.000 a 10.000 hab/km<sup>2</sup>) (a densidade populacional de São José é de 1.376,78 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010)).

Figura 20 – Estação Correios: Densidade populacional (hab/ha) caminhada (amarelo).



Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

O zoneamento da área de abrangência (Figura 21) indica o predomínio de Área Mista de Serviços (AMS, bege) e Área Residencial Predominante (ARP, amarelo). A sudeste, o raio de caminhada atinge uma pequena porção de Área Mista Comercial (AMC, vermelho) e à nordeste, uma pequena porção de Área Residencial Mista (ARM, rosa claro).

Nem sempre o zoneamento corresponde à realidade do solo ocupado no município, sendo apenas a intenção dos planejadores e a vocação que determinadas áreas devem assumir com o tempo. Ao comparar as Figuras 21 e 22 percebe-se que a utilização do solo na área de abrangência corresponde ao planejado para a região, sobretudo em relação às residências. Na sua maioria, essas residências são unifamiliares (Observatório da Mobilidade, 2017).

Figura 21 – Estação Correios: Zoneamento urbano e caminhada (amarelo).



Legenda: AMC: Área Mista Comercial; AMS: Área Mista de Serviços; ARM: Área Residencial Mista; ARP: Área Residencial Predominante; ZEIS: Zona Especial de Interesse Social. Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

Figura 22 – Estação Correios: Uso do solo e caminhada (amarelo).



Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

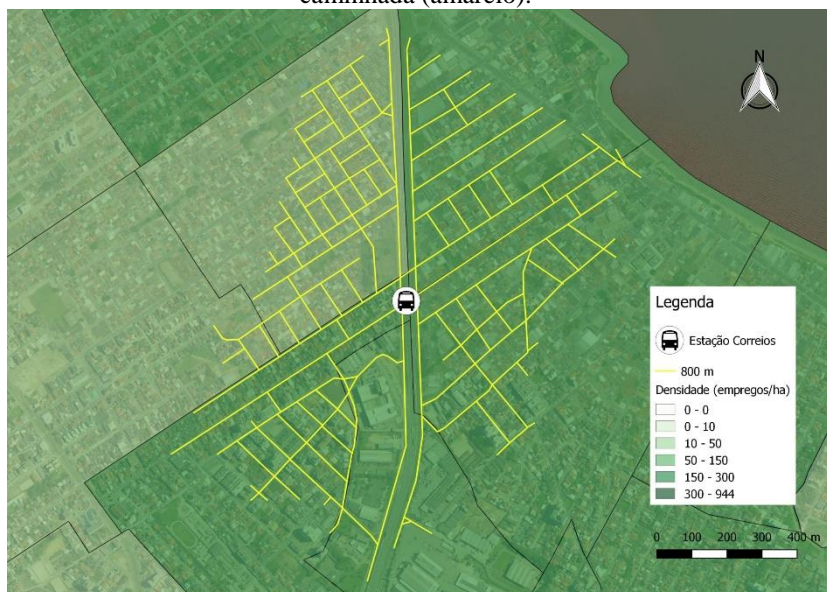
A cor vermelha escura (Figura 22) representa lotes residenciais e é predominante na área de abrangência, seguida da comercial (verde claro). Há alguns Terrenos sem uso (azul marinho), com destaque para um ao lado da possível estação, outros representando serviço público (laranja) e pode ser encontrada em alguns pontos da região. A Utilização complementar (verde) significa que existe no lote uma edificação que complementa o uso residencial ou comercial, podendo ser uma garagem, um depósito ou o uso misto.

O cadastro territorial de São José, base para a Figura 22, não classificou alguns lotes. Por meio de conferência via *Street View*, da Google, foi possível identificar que a maioria dos lotes não classificados é de uso residencial. Outro lote muito importante para a região e que não foi classificado é o em que se encontra o Centro Administrativo e Operacional dos Correios. Entretanto, se trata de uma utilização de prestação de serviços e que ele representa um importante polo de empregos e de atração de viagens nessa região, ocupando-se de uma quadra inteira. Na frente desta edificação há um estacionamento irregular com disponibilidade para aproximadamente 100 vagas, utilizado principalmente por funcionários dos Correios.

Em aproximadamente  $\frac{3}{4}$  da área de abrangência da estação, o intervalo predominante da densidade de empregos (Figura 23) é de 50 a 150 empregos/ha (ou 5000 a 15.000 empregos/km<sup>2</sup>). Os tipos de comércio predominantes na região são de pequenas fábricas, galpões, lojas de departamento, lojas de peças automotivas e oficinas autoelétricas e mecânicas. Nas proximidades da Av. Leoberto Leal (leste), o comércio se torna mais diversificado, havendo lojas de vestuário, lanchonetes, restaurantes e pequenos mercados. Fora da área de abrangência, porém muito próximo de seu limite, ao sul, encontra-se a CEASA e um grande mercado atacadista.



Figura 23 – Estação Correios: Densidade de empregos (empregos/ha) e caminhada (amarelo).

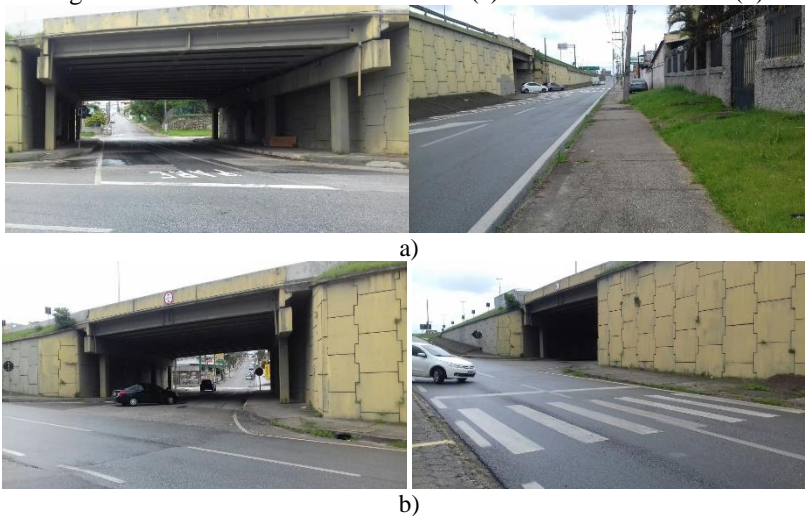


Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

Ao comparar as densidades populacional e de emprego (Figuras 20 e 23) observa-se, de modo geral, que nas porções onde a densidade populacional é menor, a de empregos é maior e vice-versa. Ao mesmo tempo, ocorrem sobreposições, implicando em coexistência de usos: residencial e comercial, o que é o recomendado.

As Ruas do Iano e Antônio Schroeder (Figura 24) são as únicas ruas que cruzam a BR-101/SC ao longo de toda a área de abrangência da estação, o que implica em pouca comunicação entre as duas marginais da BR-101/SC. Além de passagem de carros, esses cruzamentos são também as únicas passagens existentes para pedestres e ciclistas, em um raio de 800 metros. As Ruas do Iano e Antônio Schroeder são vias importantes para a área de abrangência, pois são as únicas ruas que vão desde a Avenida das Torres (a oeste) ao mar (a leste).

Figura 24 – Viadutos das Ruas do Iano (a) e Antônio Schroeder (b).



As Figura 25 e 26 apresentam fotos representativas das condições das ruas e calçadas da área de abrangência.

Figura 25 – Calçadas área de abrangência estação Correios: a) Calçada danificada; b) Vegetação sobre a calçada; c) Piso podotátil não contínuo; d) Calçada quebrada.

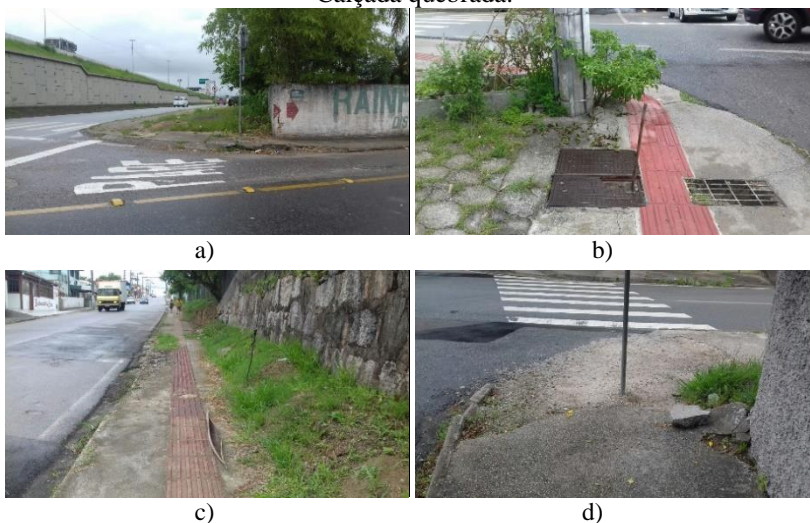
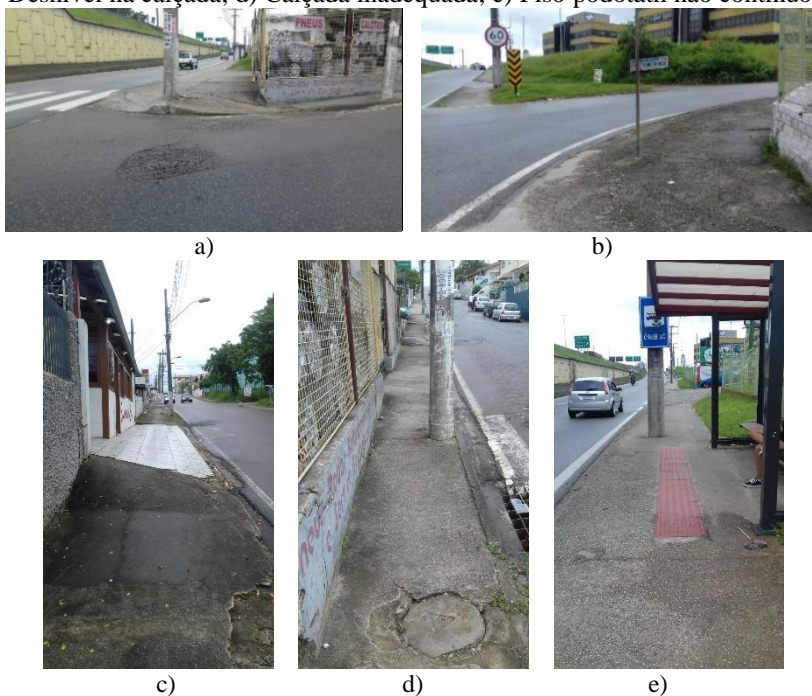


Figura 26 – Calçadas área de abrangência estação Correios: a) Rebaixamento do meio fio; b) Calçada danificada; lote malconservado; Desnível na calçada; c) Calçada inadequada; d) Piso podotátil não contínuo.



As principais características observadas foram e destacadas nas Figuras 25 e 26:

- Ausência de ciclovias ou ciclo-faixas;
- Ausência de faixas de pedestres elevadas;
- Faixas de pedestres má conservadas;
- Rebaixamento irregular do nível da calçada ou inexistente;
- Má conservação das calçadas (piso danificado, vegetação avançando sobre a calçada ou sobre a via, lixos);
- Má conservação dos dispositivos de drenagem;
- Encontra-se piso podotátil em pequenos trechos das calçadas, porém em alguns lugares ele está instalado irregularmente
- Calçadas com impedimentos à passagem (placas, objetos diversos, rampas de acesso a lotes particulares);
- Largura inadequada das calçadas;

- Posicionamento inadequado de postes (Figura 26, a, d, e).

Apesar da área de abrangência possuir calçadas estreitas, as ruas, de modo geral, são largas e permitiriam o aumento da calçada. Atualmente, há estacionamento em ambos os lados das ruas, o qual pode ser reduzido se a calçada precisar ser ampliada.

Pela análise dos itinerários e horários disponíveis de transporte coletivo na área de abrangência, obtidos com as operadoras, observa-se que a região não é atendida de forma homogênea e constante, sendo que algumas possuem apenas alguns horários no início da manhã, sentido Florianópolis, e alguns horários no final da tarde, sentido bairro. Observa-se, também, que as principais linhas (as mais frequentes) têm como destino Florianópolis (Biguaçu Transportes Coletivos, 2018 e Transporte Coletivo Estrela, 2018).

Passageiros que desejam ir de Biguaçu ou da parte norte de São José à Palhoça ou à parte sul de São José realizam deslocamento negativo. Esses passageiros precisam pegar um ônibus que irá até o centro de Florianópolis, onde estão os terminais de ônibus, e lá pegar um ônibus ao seu destino final, e vice-versa (Observatório da Mobilidade, 2016).

A rodovia BR-101/SC recebe um grande fluxo de veículos diariamente, em que se misturam tráfego local e de passagem, porém com predomínio de veículos leves. No trecho da BR-101/SC entre os km 204 e 207, compreendido na cidade de São José (a área de abrangência da estação Correios está entre os km 203 e 204), trafegam, das 6h às 22h, 76.495 veículos (sentido bairro/São José) e 72.088 (sentido sul/Florianópolis), tendo um total de 147.583 veículos (PLAMUS, 2014b).

Destes, de acordo com a mesma contagem, 76% são veículos leves (carro, táxi e *van*), 12%, veículos pesados e 12%, motocicletas. A Tabela 18 apresenta o volume de tráfego na BR-101/SC por hora e a cada 10 minutos, a fim de permitir comparações com as Tabelas 4 e 6. O revestimento da BR-101/SC é de mistura asfáltica densa.

Tabela 18 – Volume aproximado de veículos diário, por hora e em 10 minutos, rodovia BR-101/SC.

<b>Volume</b>	<b>Veículos leves</b>	<b>Veículos pesados</b>	<b>% veículos pesados</b>	<b>Total</b>
<b>Dia</b>	112.163	17.710	12	129.873
<b>Horário (16h)</b>	7.010	1.107	-	-
<b>10 min</b>	1.168	184	-	-

Fonte: Adaptado de PLAMUS (2014).

Após o contorno viário de Florianópolis ser aberto ao tráfego, o volume total de veículos reduzirá, porém como mostrado (2.4.1.) não será uma redução significativa.

O volume de tráfego horário (Tabela 18) foi dividido por 16 h, correspondente ao tempo de contagem. A partir do volume e composição de tráfego e do tipo de revestimento da rodovia, pode-se comparar essas variáveis com de outras rodovias onde mediu-se a pressão sonora gerada pelos veículos.

Assim, pôde-se estimar o nível de pressão sonora da BR-101/SC. A rodovia com volume e composição de tráfego mais similar ao da BR-101/SC é a SP-270 (Tabela 4). Os pontos A e B de medição na Avenida Beira-mar norte (Tabela 6) também estão próximos, em termos de volume de tráfego.

## 4.2 FATORES DE ATRAÇÃO E REJEIÇÃO

Os fatores de atração atuam como justificadores da implantação da estação na rodovia. Esses referem-se à estação e à área de abrangência.

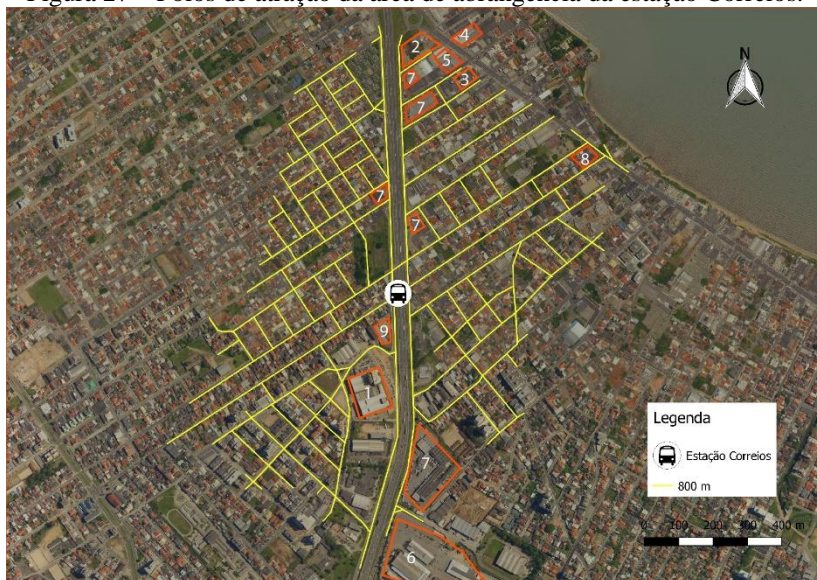
A Estação Correios exerceria um fator de atração especialmente na medida em que conectaria a população de Biguaçu – São José parte norte – São José parte sul – Palhoça, evitando ou reduzindo deslocamentos negativos por parte dos passageiros.

A área de abrangência da estação Correios possui alguns polos de atração importantes (Figura 27). O primeiro e maior deles é o Centro Administrativo e Operacional dos Correios (1), que possui aproximadamente 500 funcionários<sup>8</sup>. Outros polos de emprego importantes são lojas de material de construção civil (2) e (3), distribuidora de alimentos (4), loja de acabamentos para construção e

<sup>8</sup> Mariluce Lopes Westphal, analista dos Correios Jr., administradora, comunicação pessoal (2017).

reforma (5), CEASA (6). Pode-se se citar ainda fábricas de autopeças e oficinas mecânicas e elétricas (7), que apesar de não representarem grandes ofertas de emprego individualmente, pelo fato de existirem em grande quantidade na área de abrangência, tornam-se relevantes. Identifica-se também dois centros de compras diversos (8) e malharia (9).

Figura 27 – Polos de atração da área de abrangência da estação Correios.



Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

A conexão entre as marginais da rodovia ocorre apenas pelas ruas Antônio Schroeder e do Iano (Figura 24); assim, torna-se um importante fator de atração. Igualmente para a possibilidade de densificação populacional e de empregos na região.

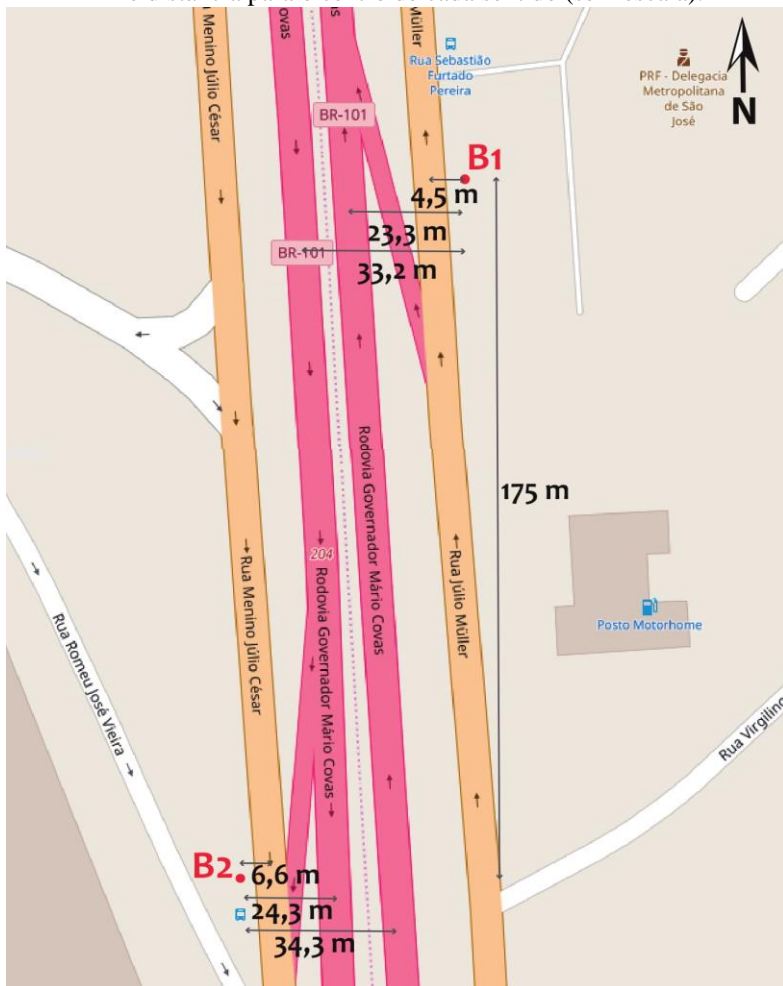
A literatura indica que o nível de ruído em uma rodovia como a BR-101/SC é elevado e a medição da pressão sonora na rodovia caracterizou de forma mais adequada o nível do desconforto sonoro.

A medição da pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ) produzida pelos veículos na rodovia foi realizada com o equipamento Solo, da 01dB METRAVIB, classe 1, na BR-101/SC (Figura 28). A medição seguiu as instruções da ISO 1996 (Parte 1 (2003) e 2 (2007)).



A medição possibilitou tanto validar as equações 1 e 2 quanto verificar os níveis de ruído na rodovia.

Figura 29 - Local de medição na BR-101/SC, em frente à PRF, pontos B1 e B2 e distância para o centro de cada sentido (sem escala).



Fonte: Adaptado de *Open Street Map* (2018).

Como as medições ocorreram em cada sentido, a contagem foi aplicada nas Equações considerando a distância do sonômetro para o eixo de cada sentido de tráfego, conforme indicado na Figura 29. A

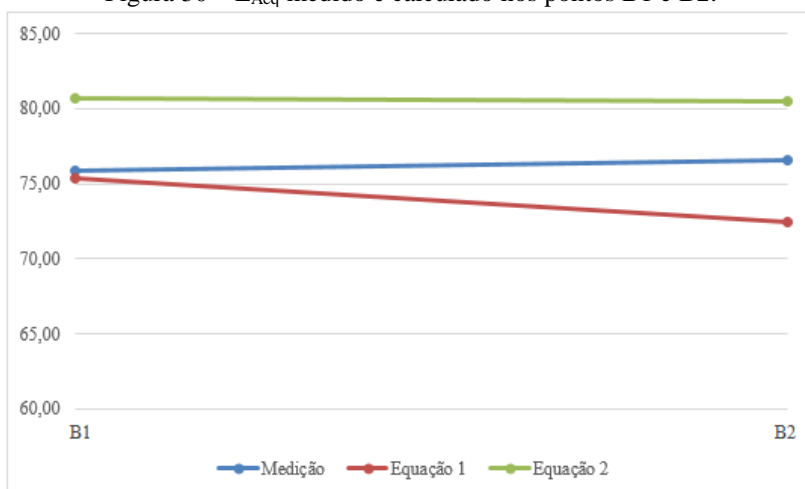


Equação 1 já considera uma distância de 10 m, assim o valor foi corrigido para a distância usada em campo. Fez-se então a média do  $L_{Aeq}$  para comparar com o valor medido pelo sonômetro. A Tabela 19 apresenta os resultados das medições e dos cálculos de  $L_{Aeq}$ . A Figura 30 apresenta os resultados na forma de gráfico. No Apêndice F está o resultado da contagem de veículos realizada e as variáveis consideradas na Equação 2 para cada ponto estão nos apêndices G e H.

Tabela 19 –  $L_{Aeq}$  medido com sonômetro e calculado pelas Equações 1 e 2.

Pontos	Sonômetro (dBA)	Equação 1 (dBA)	Equação 2 (dBA)
<b>B1</b>	75,90	75,34	80,66
<b>B2</b>	76,60	72,46	80,50

Figura 30 –  $L_{Aeq}$  medido e calculado nos pontos B1 e B2.

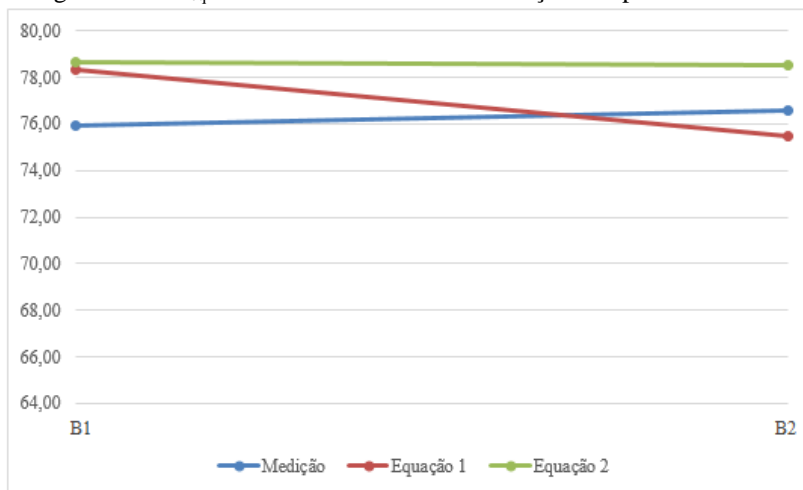


Observa-se pela Tabela 20 que os resultados de medição e aplicação das equações são relativamente diferentes, especialmente quanto à Equação 2. Essa diferença é evidenciada na Figura 30, porém nesta é possível notar uma similaridade na forma do gráfico, a qual denota que as equações estão tanto atenuada (Equação 1) quanto amplificadas (Equação 2). Com algumas correções as equações aproximam-se dos valores medidos.

A Equação 1 não considera o efeito da proximidade com superfícies. Nesses casos a ISO 1996 (2007) recomenda acréscimo de 3

dBa devido à reflexão. A Equação 2 foi desenvolvida a partir de medições em pavimento rígido, o qual é em média 2 dBA mais elevado do que o pavimento flexível denso (CERATTI et al., 2009; CALLAI, 2011). A Figura 31 mostra os resultados após o acréscimo na Equação 1 e o decréscimo na Equação 2.

Figura 31 –  $L_{Aeq}$  medido e calculado com correção nos pontos B1 e B2.



Deste modo, concluiu-se que ambas as equações podem ser utilizadas para estimar o nível de ruído no local de estudo.

Os valores de pressão sonora podem ser corrigidos ainda para simular o nível de ruído que uma pessoa na estação no canteiro central da rodovia perceberia. Nessa situação, considerou-se que o receptor está a 10,3 m da fonte sonora do sentido norte e a 13,2 m da fonte sonora do sentido sul (Figura 32). Esses valores correspondem à distância de um usuário na estação até o eixo da pista de tráfego misto. A Tabela 20 apresenta esses dados acrescidos das correções realizadas anteriormente. Os valores apresentados na Tabela 20, são níveis aproximados de ruído, pois o ruído gerado pelos ônibus no corredor não está sendo considerado.

Tabela 20 – Valores de pressão sonora ajustados para o canteiro central da rodovia.

Pontos	Sonômetro (dBA)	Equação 1 (dBA)	Equação 2 (dBA)
<b>B1</b>	82,99	76,71	78,16
<b>B2</b>	84,89	76,49	77,61

Ao comparar o  $L_{Aeq}$  medido com o sonômetro, calculado a partir das equações considerando receptor no canteiro central e encontrado na literatura (Tabela 21), verifica-se que o nível de ruído da rodovia está aproximadamente 15 a 25 dBA acima do limite de conforto sonoro.

Tabela 21 – Comparação de  $L_{Aeq}$  medido, calculado e da literatura.

Pontos	Sonômetro (dBA)	Equação 1 (dBA)	Equação 2 (dBA)	Literatura (dBA)
<b>B1</b>	82,99	76,71	78,16	78,0 - 82,5
<b>B2</b>	84,89	76,49	77,61	

De acordo com a Tabela 14, para atender à NBR 10.151, as edificações precisam estar a uma distância aproximadamente entre 114 m e 1.138 m da rodovia ( $L_{eq}$  de 75 e 85 respectivamente), o que não ocorre na realidade.

Como fatores de rejeição tem-se:

- Região pouco arborizada e muito impermeabilizada, o que favorece o aumento da sensação térmica;
- Rodovia com alto volume de tráfego, por criar ambiente inseguro, segregador e por oferecer riscos à saúde devido à exposição aos poluentes emitidos pelos veículos;
- Poluição sonora gerada pelos veículos;
- Calçadas malconservadas ou que não atendem às exigências de acessibilidade;
- Ausência de ciclovias ou ciclofaixas;
- A conexão entre as marginais é um fator de atração por ser a única conexão, mas também um fator de rejeição na medida em que privilegia os automóveis em detrimento dos pedestres;
- O comércio mais voltado a automóveis e peças complementares aliado a pouca diversificação das atividades comerciais não incentiva a caminhada, o potencial consumo

dentro da área de abrangência e até mesmo a segurança dos pedestres.

Há fatores que não necessariamente repelem os potenciais usuários, pois a reação que causam nos potenciais usuários do transporte coletivo é a indiferença. Ainda assim, são relevantes para o estudo, pois podem ser transformados em fatores de atração. A escassez de linhas de ônibus que cruzam a rodovia e que conectam a área de abrangência entre si e outros municípios, é um fator de indiferença para o usuário. Como ele não tem meios de chegar à área de abrangência, ele não utilizará a estação. Por isso, ao inserir linhas de ônibus atendendo toda a área de abrangência e direcionando-as à estação, isso se torna um fator de atração.

Se a estação estiver apoiada no viaduto, podem ocorrer trepidações devido à vibração produzida pela passagem dos veículos. Isso pode se tornar um fator de rejeição, por gerar uma situação desconfortável e insegura aos passageiros.

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO

O Observatório da Mobilidade, em sua proposta de local para a implantação da estação, identificou que a densidade populacional da área de abrangência não é o fator decisivo para a sua locação (Observatório da Mobilidade, 2017). A estação foi previamente locada próxima ao complexo dos Correios por três motivos: aproveitar os elevados valores de integração proporcionados pelas ruas Antônio Schroeder e do Iano, as quais servem grande parte da malha urbana da região; proximidade com o prédio dos Correios, por sua importância como polo atrator de viagens; e, existência de um terreno público, vazio, próximo à estação que pode ser aproveitado para uso coletivo (Observatório da Mobilidade, 2017). Essas justificativas são condizentes com o proposto por Levinson et al. (2003) e APTA (2010).

A estimativa da demanda de viagens da estação seguiu a metodologia apresentada na seção 3.5. A Tabela 22 apresenta o número de passageiros por transporte coletivo atual e a proveniente do transporte individual, já considerando a troca modal de 15% e a Tabela 23 apresenta a demanda projetada total da estação e da hora-pico.

Tabela 22 – Volume de passageiros da Estação Correios considerando os passageiros atuais do transporte coletivo e da troca modal.

	Transporte coletivo (viagens/dia)	Troca modal de 15% (viagens/dia)				
		RMF	SJ Norte	SJ Sul	Biguaçu	Palhoça
<b>Total</b>	9.274	1060	500	290	86	1.436
<b>Total modo</b>	9.274	3.372				
<b>Total Geral</b>	12.646					

Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

Tabela 23 – Volume futuro total e da hora-pico de passageiros da Estação Correios.

Número de passageiros na estação	Projeção para 2045	
<b>Total</b>	12.646	17.704
<b>Hora-pico</b>	1.518	2.125

A frequência das linhas que usariam a Estação Correios foi determinada a partir do projeto operacional elaborado pelo Projeto Neotrans (Observatório da Mobilidade, 2017), conforme Tabela 24. A linha Interterminal I conecta os terminais de São José Norte e Palhoça pela rodovia BR-101/SC e sua frequência é baixa, pois foram projetadas outras linhas interterminais cujos itinerários passam pelos bairros e são paralelos à BR-101/SC. A linha São José Norte – TICEN (expressa) conecta o terminal de São José Norte e o TICEN, em Florianópolis, e possui elevada frequência.

Tabela 24 – Linhas e frequências do corredor de BRT da BR-101/SC conforme projeto operacional original.

Linhas	Intervalo (min)	Frequência (ônibus/hora)
<b>Interterminal I</b>	20	3
<b>São José Norte – TICEN</b>	2	30

Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2017).

Para determinação da frequência dos ônibus no corredor, as linhas projetadas foram combinadas com algumas adaptações quanto ao itinerário. Ambas as linhas têm o objetivo de fornecer um deslocamento veloz e de longa distância aos passageiros, por isso seria inconveniente para os passageiros já embarcados se os ônibus dessas linhas parassem

em todas as estações. A fim de manter o caráter de linha expressa, é comum considerar que os ônibus pararão em estações alternadas ou não pararão em todos os horários.

A frequência adotada para o dimensionamento da estação é inversamente proporcional à largura da plataforma da estação. Por isso, deve-se buscar um equilíbrio entre esses fatores, evitando que os passageiros esperem por muito tempo pelo ônibus e que elas o esperem em um ambiente lotado.

Para fins de projeto, optou-se por não modificar a linha Interterminal I por já possuir frequência reduzida e reduzir pela metade a frequência da linha SJ Norte-TICEN, tendo assim frequência de 15 ônibus/hora. Essa linha pararia em horários alternados na estação. Para que isso seja possível, deve existir faixa de ultrapassagem na estação.

Combinando-se as frequências das linhas, obteve-se média de 9 ônibus/hora, o que representaria intervalo pouco mais do que 6,5 min. A Tabela 25 sistematiza as adaptações realizadas e apresenta os valores de frequência e intervalo adotados.

Tabela 25 – Linhas e frequências do corredor de BRT da BR-101/SC após adaptações.

<b>Linhas</b>	<b>Intervalo (min)</b>	<b>Frequência (ônibus/hora)</b>
<b>Interterminal I</b>	20	3
<b>São José Norte – TICEN</b>	4	15
<b>Considerado em projeto</b>	6	10

Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2017).

Deste modo, tendo um volume de passageiros na hora-pico de 2.125 e uma frequência de 10 ônibus articulados por hora, a largura calculada para a estação é de 8,81 m, para plataforma única, e 5,44 m, para plataforma individual. Na Tabela 26 pode ser observada a sistematização dos resultados parciais do cálculo de dimensionamento da estação.

Tabela 26 – Sistematização dos resultados parciais do cálculo de dimensionamento da estação.

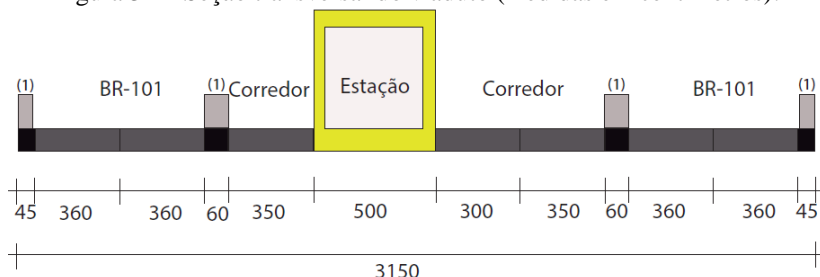
Passageiros Hora-pico	Intervalo Hora-pico	Frequência Hora-pico	$F_{max}$	$C_{pax}$	$A_{minesp}$	Tipo
2.125	6	10	212,5	3	70,83	Art
$C_{bus}$	$L_{esp}$	$L_{circ}$	$L_{espop}$	$L_{platind}$	$L_{plattot}$	-
23	3,37	1,06	3,37	8,81	5,44	-

Legenda:  $F_{max}$ : nº passageiros em espera no horário de pico;  $C_{pax}$ : nº de passageiros por  $m^2$ ;  $A_{minesp}$ : Área mínima de espera;  $C_{bus}$ : Comprimento do ônibus;  $L_{esp}$ : Largura necessária para passageiros esperando em uma direção;  $L_{circ}$ : Largura necessária para a circulação de passageiros;  $L_{espop}$ : Largura necessária para passageiros esperando por veículos do sentido oposto;  $L_{platind}$ : Largura da plataforma individual;  $L_{plattot}$ : Largura da plataforma total.

No sentido sul da rodovia atualmente há três faixas de rolamento e no sentido norte há um faixa para acostamento além de duas faixas de rolamento. Para evitar um aumento significativo da seção transversal do viaduto, o que implicaria em um projeto de Obra de Arte Especial (OAE) maior, eliminou-se uma das faixas do sentido sul e a faixa de acostamento no sentido norte.

Considerando que a rodovia BR-101/SC não possui canteiro central, optou-se por adotar plataformas do tipo escalonadas de 5,0 m de largura, por esse modelo requerer menos espaço no corredor. Também reduziu-se a faixa dos ônibus que pararem na estação para 3,0 m, tendo a faixa de ultrapassagem 3,5 m. Três metros é uma faixa de rolamento estreita para os ônibus, porém como o veículo estará a baixa velocidade, o risco de acidente é reduzido. A Figura 32 apresenta a seção transversal do viaduto com as alterações propostas.

Figura 32 – Seção transversal do viaduto (medidas em centímetros).

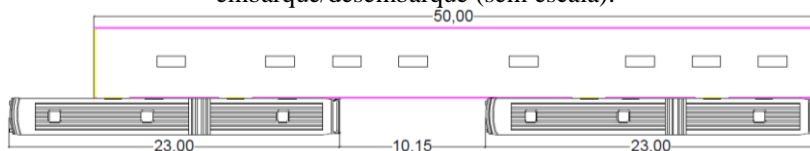


Legenda: 1: Barreira new jersey.

No sentido sul da rodovia atualmente há três faixas de rolamento. Na Figura 32, eliminou-se uma das faixas do sentido sul e uma faixa de acostamento no sentido norte. Porém, viabilidade desta estação, no centro da rodovia, depende da ampliação do viaduto sobre as R. do Iano e Antônio Schroeder.

Quanto ao comprimento da estação, como ela será do tipo escalonada e receberá um ônibus articulado (23 m) a cada 6 minutos, seguindo as recomendações da bibliografia especializada, adota-se comprimento de 50 m. Deste modo, dois veículos poderiam simultaneamente parar na estação, conforme configuração mostrada na Figura 33. O balanço dianteiro (ou traseiro) do veículo, por não ter porta (modelo articulado Mercedes-Benz), não precisa estar alinhado à porta da estação.

Figura 33 – Configuração para posicionamento dos ônibus na estação para embarque/desembarque (sem escala).



Por serem duas plataformas, o acesso à estação deve ocorrer entre elas, de modo que a distância percorrida pelos usuários de ambas as plataformas seja equidistante.

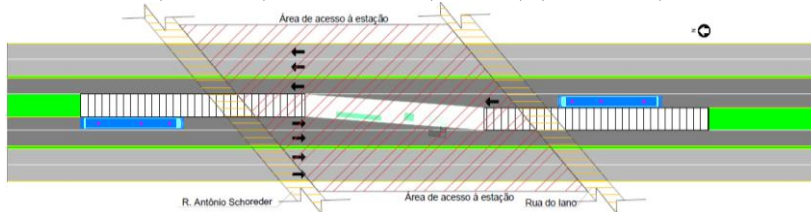
Se fossem construídas passarelas para o acesso à estação, estas representariam um acréscimo na distância caminhada de 278 m<sup>9</sup>, aproximadamente. Considerando que os usuários andam em torno de 800 m para acessar uma estação, as passarelas tornam-se pouco atrativas e reduzem significativamente a área de abrangência da estação (aproximadamente 1/3). Por isso, o modo de acesso mais atrativo aos usuários seria se este ocorresse pelo viaduto.

Para tanto, o vão sob o viaduto deve ser livre. A Figura 34 representa a área entre as ruas e o posicionamento dos ascensores. Destaca-se o amplo espaço entre as ruas, sob o viaduto, disponível para a implantação dos ascensores da estação e outras comodidades. Mais detalhes podem ser observados no projeto da estação Correios, no Apêndice I.

<sup>9</sup> Vão livre sobre viaduto: 4,70 m; altura estrutura viaduto: 2,00 m; gabarito da via 5,00 m (conforme indicado em passarela existente no km 202).



Figura 34 – Vista esquemática dos ascensores da estação na área de acesso (vermelho) e os viadutos (amarelo) (sem escala).



#### 4.4 MEDIDAS MITIGADORAS

As medidas mitigadoras propostas nesta seção seguem as diretrizes definidas na Tabela 15 e na Tabela 16.

A mitigação da poluição sonora no interior da estação deve ser de 15 a 25 dBA. Há no mercado materiais isolantes capazes de reduzir até 29 dBA (Isolar, 2017). A estação deve possuir portas deslizantes de vidro triplo e vedação de material similar. Todos os funcionários da estação que trabalharem no ambiente externo devem utilizar protetor auricular. A fim de reduzir a poluição sonora, também pode-se implantar pavimento silencioso na faixa de tráfego misto, nas proximidades da estação.

De acordo com os níveis de pressão sonora medidos, pode-se concluir que a redução da poluição sonora na área de abrangência deve ser de 20 a 30 dBA, medido nas residências (ABNT, 2000). Para se alcançar os níveis de conforto determinados, seria necessário implantar barreira acústica e pavimento silencioso ao longo de toda a rodovia. Entretanto, as medidas a serem adotadas não competem exclusivamente ao sistema de BRT.

A mitigação da poluição atmosférica na estação Correios inclui a adoção de políticas públicas específicas. A área de abrangência deve ser mais arborizada. Na estação, além de filtros de ar, deve ser implantada cobertura vegetal.

Tanto a arborização quanto a cobertura vegetal também contribuem com a mitigação do desconforto térmico. Também se recomenda a implantação de climatização, adoção de películas de alta redução de calor para os componentes de vidro (Wingard, 2017). Técnicas arquitetônicas, como orientação solar e dos ventos contribuem com a minimização da carga térmica e devem ser incorporadas. Para a área de abrangência, a recomendação também é aplicar pinturas reflexivas (cores claras) nas calçadas e nas ruas.

As estações também devem ter pé direito elevado ( $> 3\text{m}$ ) para facilitar a circulação de ar, com telhado projetado sobre a via, para proteger os usuários das intempéries climáticas e com plataforma em nível.

Para evitar o desconforto gerado pela trepidação na estação, esta não pode ser construída apoiada ao viaduto e recomenda-se um tratamento com neoprene, a fim de amortecer as vibrações da estrutura do viaduto.

Deve-se ter acessibilidade universal através de calçadas largas ( $>1,20\text{ m}$ ), travessias em nível, piso podotátil, sinais sonoros e visuais.

A densificação da área de abrangência da estação é sempre recomendável, porém não é prioritário para esta estação, por possuir um volume de passageiros 5 vezes maior do que o mínimo necessário. A prioridade deve ser a constituição de uma área de abrangência atrativa.

A área de estacionamento em frente ao Correios deve ser reduzida, proporcionando um espaço verde de lazer combinado a um estacionamento com vagas controladas e reduzidas. Ao mesmo tempo, deve-se adotar políticas de incentivo ao transporte coletivo especialmente voltadas aos trabalhadores próximos à estação. Outra medida importante é a diversificação do uso do solo na área de abrangência, incentivando atividades comerciais, sobretudo no térreo.

Ao longo da área de abrangência devem ser construídas ciclovias e ciclofaixas.

As linhas de transporte coletivo devem ser reorganizadas de modo a atuarem como alimentadoras da estação, conduzindo os passageiros mais distantes à estação, e não competindo com os itinerários oferecidos pelo sistema troncal.

A área sob a BR-101/SC, entre as ruas do Iano e Antônio Schroeder deve ser revitalizada, abrindo um amplo vão sob o viaduto onde serão implantados os ascensores à estação e a área de bilhetagem, bem como algumas atividades comerciais complementares à estação. Nesta obra do viaduto, pode ser aplicado o conceito apresentado pela intervenção *Viaduct Path Above* (Figura 10, b) e na área de abrangência a intervenção urbanística *Perceptual Links*, por ser compatível com as demais medidas mitigadoras.

O modelo de estação *Path Above* proposto por Loukaitou-Sideris et al. (2013) seria o indicado nesta estação. A Figura 11 é uma imagem da Estação Nova Hamburgo que compõe o sistema de trem urbano da Grande Porto Alegre e é um exemplo similar ao *Path Below*. Na Figura 11, inclusive, percebe-se quão subutilizado o espaço abaixo da estação

torna-se quando não se dá a devida atenção na fase de projeto para estas áreas.

Há muitos outros recursos arquitetônicos que podem ser empregados no projeto da estação Correios, aqui foram citados os principais.

#### 4.5 ESTAÇÕES NAS LATERAIS

Ao implantar a estação Correios no centro da BR-101/SC, deverá ser reprojetoado todo o viaduto sobre o qual esta seria construída, uma vez que há um canteiro central que possa ser aproveitado. A fim de evitar essa alteração, considera-se a possibilidade de implantar a estação na marginal da BR-101/SC, caracterizando uma estação na lateral da via (Figura 35). É pertinente avaliar os pontos positivos e negativos de implantar a estação na lateral.

Figura 35 – Simulação estação Correios na lateral da marginal da BR-101/SC.



O principal ponto positivo é evitar uma construção de grandes proporções na BR-101/SC, a qual incorreria em dificuldade na trafegabilidade, pois a faixa de domínio da rodovia está inteiramente ocupada e elevado gasto de recursos públicos. Por isso, a implantação da estação na lateral da rodovia seria uma opção mais econômica.

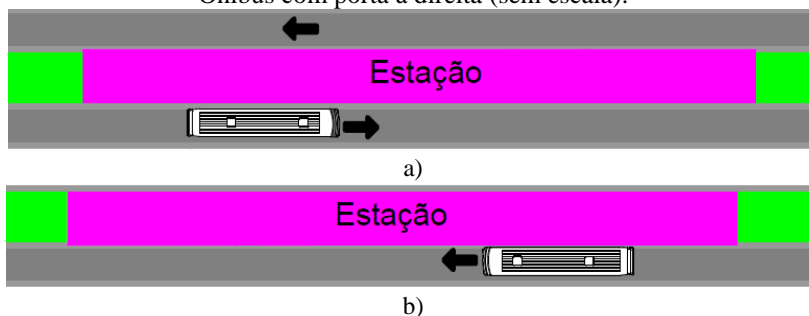
Também não haveria ascensores, uma vez que a estação estaria no nível da via. Os usuários também seriam menos expostos à poluição sonora e atmosférica, pois teriam contato com apenas um sentido de tráfego. Nessa situação, o desconforto térmico não seria menor. Ainda deveriam ser aplicadas medidas de mitigação da poluição sonora, atmosférica e melhorias na área de abrangência.

Há alguns fatores negativos. Os usuários que precisariam trocar de estação, além de precisarem caminhar mais, teriam que sair de uma estação para acessar a outra, cruzando a rodovia. Esse acréscimo na caminhada e no tempo de viagem pode se tornar um fator de rejeição ao sistema. A área abaixo da BR-101/SC deverá receber melhorias a fim de diminuir o desconforto desse acréscimo de caminhada e tempo, proporcionando uma passagem segura e agradável.

Os custos de operação aumentariam, pois seria necessário instalar sistema de bilheteria, equipamentos de ITS e ter duas equipes em cada estação. Os custos de operação também aumentariam pois seriam necessários veículos diferenciados ou alteração no sentido de tráfego no corredor. A Figura 36 ilustra a dificuldade de operação apresentada.

Alguns dos ônibus do corredor da BR-101/SC trafegarão também pelo corredor na BR-282/SC. Nessa rodovia, o corredor está no centro da via, com estações no centro, por isso os veículos possuem portas à esquerda. Na marginal da BR-101/SC, com as estações estariam na lateral os veículos teriam portas à direita (modo convencional). Deste modo, para trafegar em ambos os corredores os veículos precisariam ter portas nos dois lados, o que tende a encarecer o sistema.

Figura 36 – Posicionamento de porta: a) Ônibus com porta à esquerda; b) Ônibus com porta à direita (sem escala).



Outra opção seria modificar, na BR-101/SC ou na BR-282/SC, o sentido de tráfego do corredor, com os ônibus trafegando no sentido

contrário aos demais veículos. Porém essa medida pode gerar mais dificuldades na operação do trânsito.

Por fim, os ônibus não trafegariam em faixas exclusivas, pois os demais veículos precisariam continuar acessando ou saindo das vias perpendiculares à marginal, proporcionando assim perdas no tempo de viagem para os usuários do transporte coletivo.

Analisando os pontos negativos e positivos, acrescentado aos diversos cortes de gastos e redução de recursos por parte do governo federal, a decisão de implantar estações nas laterais da BR-101/SC ou no canteiro central da rodovia recai sobretudo sobre o aspecto econômico e não no técnico. Por isso, neste estudo de caso o recomendado é a implantação de estações na lateral da rodovia. As medidas de mitigação apresentadas na seção 4.4. se aplicam a este modelo de estação, também.

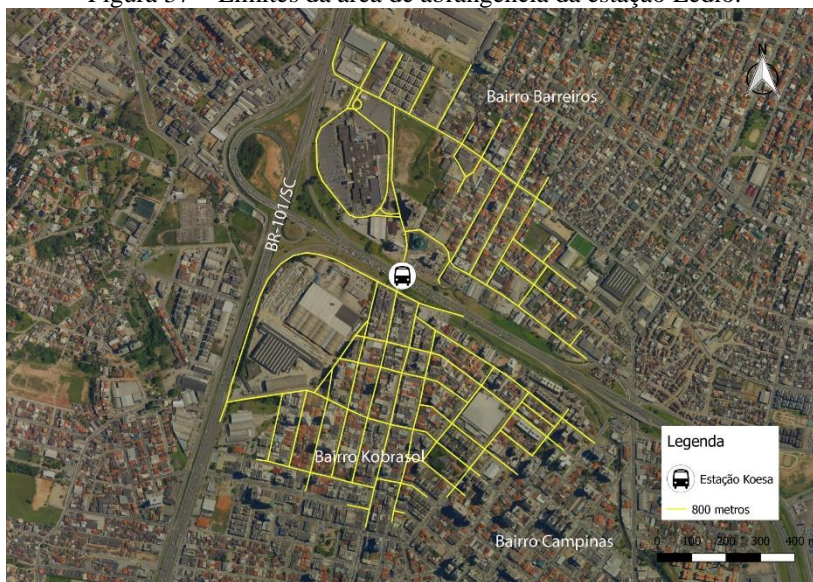


## 5 ESTUDO DE CASO: ESTAÇÃO LÉDIO

### 5.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA ESTAÇÃO

A rodovia BR-282/SC permite separar a área de abrangência da estação Lédio (Figura 37) em duas porções: a norte e a sul, onde ambas estão à leste da BR-101/SC. Ao norte, a área de abrangência está delimitada pelo bairro Barreiros; ao sul, ela está delimitada pelos bairros Kobrasol e Campinas. Toda a área de abrangência está em um terreno plano, com quadras ordenadas e uniformes, em sua maioria, conforme é possível observar nas Figuras 42 e 43.

Figura 37 – Limites da área de abrangência da estação Lédio.

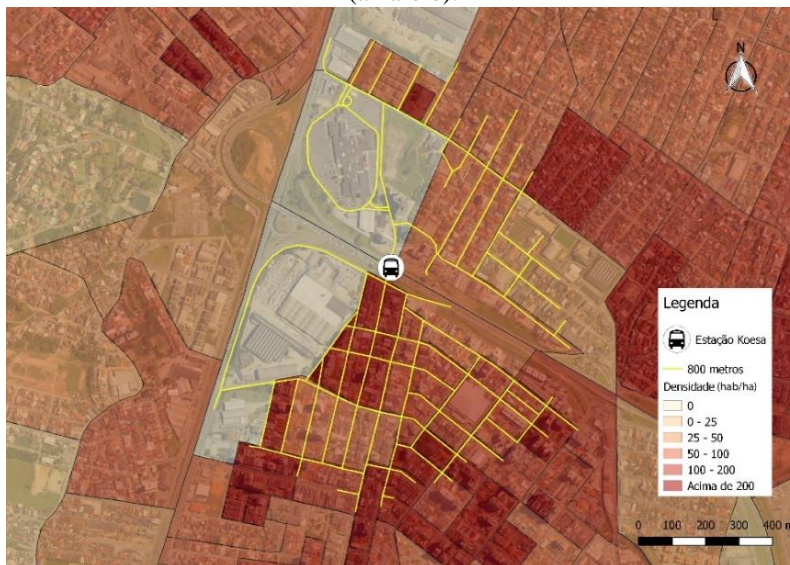


Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

A densidade populacional pode ser observada na Figura 38. As áreas mais escuras da imagem representam os setores censitários mais populosos, ou seja, acima de 200 hab/ha (20.000 hab/km<sup>2</sup>). Observa-se maior concentração de habitantes ao sul da estação, a qual corresponde justamente a uma região com muitos prédios residenciais. Se confrontada com o zoneamento (Figura 39), percebe-se que quase toda a área de abrangência da estação encontra-se em Área Predominantemente Residencial, porém enquanto ao sul da estação há mais prédios

residenciais, ao norte há mais residências unifamiliares. Por isso, ao norte a densidade populacional é menor em relação ao sul.

Figura 38 – Estação Lédio: Densidade populacional (hab/ha) caminhada (amarelo).



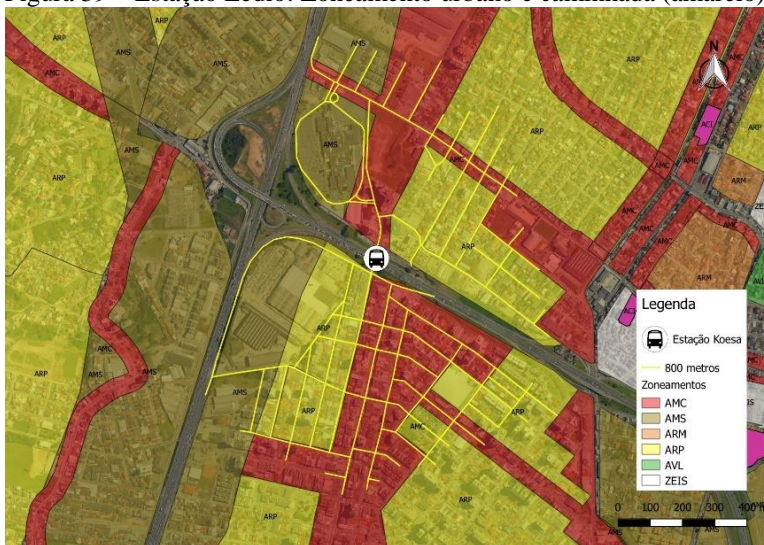
Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

A Figura 39 mostra que o zoneamento dessa região indica principalmente AMC (Área Mista Comercial, vermelho), ARP (Área Residencial Predominante, amarelo) e AMS (Área Mista de Serviços, bege) ao longo da faixa de domínio da BR-101/SC. O planejado corresponde, em certa medida, ao identificado *in loco*, conforme a Figura 40 apresenta.

Os usos predominantes na área de abrangência são o comercial (verde claro) e o residencial (vermelho escuro). Depois identifica-se a recorrência de terreno sem uso (azul escuro) e prestação de serviço (roxo). Ao estabelecer uma AMC ao longo da Rua Koesa e Av. Lédio J. Martins, o município de São José tem intenção de fortalecer a agregação da comunidade urbana nessas vias, o que de fato tem conseguido tendo em vista a diversificação de usos ao longo das vias.

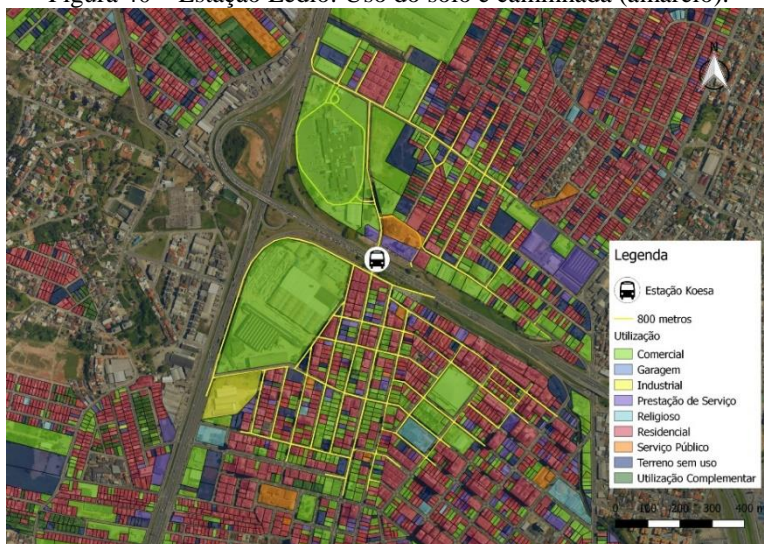


Figura 39 – Estação Lédio: Zoneamento urbano e caminhada (amarelo).



Legenda: AMC: Área Mista Comercial; AMS: Área Mista de Serviços; ARM: Área Residencial Mista; ARP: Área Residencial Predominante; AVL: Área Verde de Lazer; ZEIS: Zona Especial de Interesse Social. Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

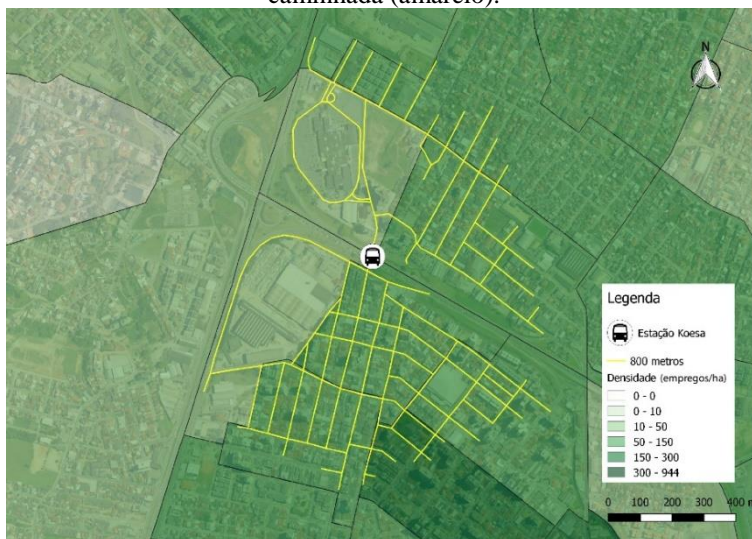
Figura 40 – Estação Lédio: Uso do solo e caminhada (amarelo).



Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

Observando a Figura 41, observa-se que há predomínio de densidade de empregos da faixa de 150 a 300 empregos/ha. A região com 300 a pouco mais de 900 empregos/ha está no limite sudeste da área de abrangência. O zoneamento da região, de fato, determina uma Área Mista de Serviços no limite oeste da área de abrangência, próximo à BR-101/SC.

Figura 41 – Estação Lédio: Densidade de Empregos (empregos/ha) e caminhada (amarelo).



Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

Contudo, a utilização do solo (Figura 40) dessa região indica vocação para pequeno comércio de bens e serviços, sobretudo no térreo. Há um *shopping center*, um hotel, um hospital privado e um prédio da Prefeitura de São José ao norte da estação e uma fábrica de concreto pré-moldado e um grande supermercado, ao sul. O *shopping*, a fábrica e o prédio administrativo são grandes geradores de emprego, porém não indicam alta densidade de empregos (10 a 50 empregos/ha), porque estão em áreas muito extensas, o que contribui na diluição dos números.

A área de abrangência apresenta estruturas fundiárias com quadras de formato regular, o que possibilita um alto grau de integração viária. Porém, se comparado à integração de ambos os lados da BR-282/SC, conclui-se que a área de abrangência é pouco integrada, uma

vez que a Rua Koesa é a única rua que cruza a rodovia (Figura 42). Essa característica é muito comum ao longo da BR-282/SC e tende a afastar a população da rodovia e da outra área da cidade, já que é difícil acessá-la.

Figura 42 – Viaduto sobre a Rua Koesa.



Isso pode se refletir de modo positivo nas linhas de ônibus, pois invariavelmente as linhas que possuem itinerário em ambos os lados da rodovia precisarão utilizar a Rua Koesa.

A integração entre as regiões da área de abrangência é dificultada não apenas pela escassa opção de vias, mas também pela condição das calçadas e do ambiente urbano na área de abrangência. A Figura 43 apresenta exemplos da condição observada das calçadas da área de abrangência da estação.

Os principais problemas são a má conservação das calçadas e sua largura reduzida, porém destacam-se também: ausência de rebaixamento do meio fio em faixas de pedestres ou rebaixamentos onde não há faixas; ausência de faixas elevadas para pedestres; ausência de ciclovia ou ciclo-faixa; postes mal localizados, ausência de arborização e padronização.

Por outro lado, as ruas, de modo geral, são largas e permitiriam o aumento da calçada, especialmente se as vagas de estacionamento forem restritas a apenas um lado da via ou a algumas vias.

Figura 43 – Calçada e ruas próximas à Estação Lédio: a) Calçada mal conservada; b) Lixo e calçada danificada; c) Viaduto da Rua Koesa; d) Inexistência de faixa de pedestre; e) Meio fio não rebaixado; f) Calçada danificada; g) Ponto de ônibus.



A análise dos itinerários e horários disponíveis de transporte coletivo na área de abrangência indica que a região é atendida em horários frequentes por linhas de ônibus. As principais vias utilizadas são a Rua Koesa e a Av. Lédio J. Martins. De modo semelhante à área de abrangência da estação Correios, observa-se que há pouca conexão por parte das linhas entre os lados norte e sul da área de abrangência,

conforme itinerário e frequência das linhas obtido junto à operadora, (Transporte Coletivo Estrela, 2018).

De acordo com a projeção de tráfego feita pelo Consórcio Via Expressa (2014), com base em contagens de tráfego de 2011, em 2017 trafegariam pela rodovia BR-282/SC aproximadamente 126.108 veículos, entre leves, pesados e motocicletas, todos os dias. Destes, em torno de 8,6% são veículos pesados (caminhões, ônibus e especiais), 10,2% são motocicletas e 81,2% carros de passeio (veículos leves). A Tabela 27 apresenta uma aproximação da quantidade de veículos por hora e por 10 minutos. Esta aproximação uniformiza a distribuição horária dos veículos para fins práticos, pois, na realidade, o período de 6h à 22h é o que concentra a maior porcentagem de veículos trafegando na rodovia. Entretanto, devido à impossibilidade de identificar qual seria a porcentagem real, optou-se por considerar uma distribuição uniforme ao longo das 24h do dia.

Tabela 27 – Volume aproximado de veículos por hora e em 10 minutos rodovia BR-282/SC.

<b>Volume</b>	<b>Veículos leves</b>	<b>Veículos pesados</b>	<b>% veículos pesados</b>	<b>Total</b>
<b>Dia</b>	102.407	10.820	8,6	126.108
<b>Horário</b>	4.267	451	-	-
<b>10 min</b>	711	75	-	-

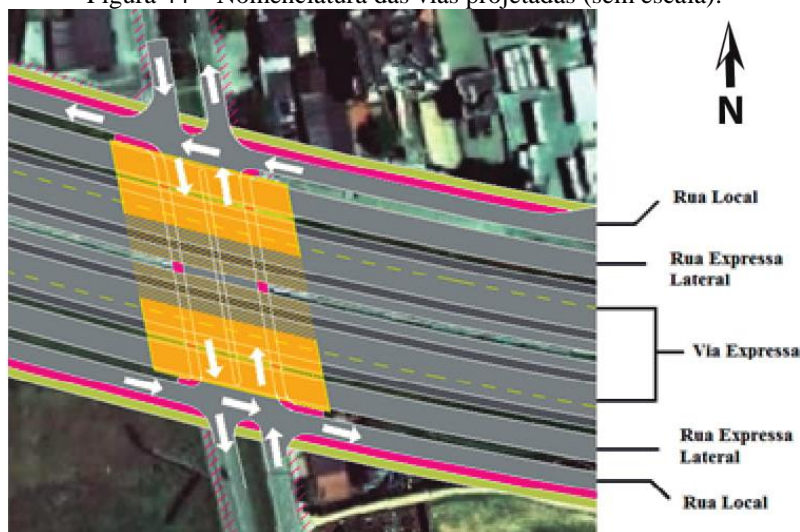
Comparando a Tabela 27 com as Tabelas 4 e 6, conclui-se que as rodovias que mais se assemelham à BR-282/SC é a rodovia SP-270 e os pontos A e B da Av. Beira-mar norte.

## 5.2 PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA BR-282/SC

Em 2011, o DNIT abriu processo licitatório para a elaboração de um projeto de ampliação da BR-282/SC, dos km 0,0 ao 5,6, e em 2014 ele foi entregue ao órgão, elaborado pelo Consórcio Via Expressa, formado pelas empresas Esse, Iguatemi e Sotepa. Esse projeto contempla a construção de uma marginal à BR-282/SC (nomeada Rua Expressa Lateral), acréscimo de uma faixa de rolamento por sentido na via existente (nomeada Via Expressa), construção de uma rua local nas intersecções com a rodovia, a fim de reduzir os conflitos do tráfego local e passante, além da construção de um corredor para ônibus no centro da rodovia, assim como adequação dos viadutos nas intersecções (Figura

44). Há um canteiro separando o corredor de ônibus das faixas do tráfego misto e na rua local há calçada e ciclovia (Consórcio Via Expressa, 2014), o que pode ser observado na Figura 44.

Figura 44 – Nomenclatura das vias projetadas (sem escala).

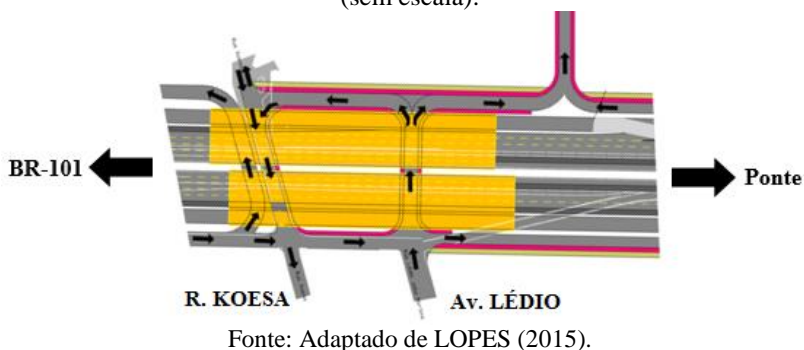


Fonte: LOPES (2015).

De acordo com o projeto de Adequação para Aumento de Capacidade e Segurança da Rodovia BR-282/SC (Consórcio Via Expressa, 2014), a Avenida Lédio João Martins (São José) será prolongada cruzando a BR-282/SC. Deste modo, será constituído um binário entre essa avenida e a intersecção existente na Rua Koesa (São José) (Figura 45).

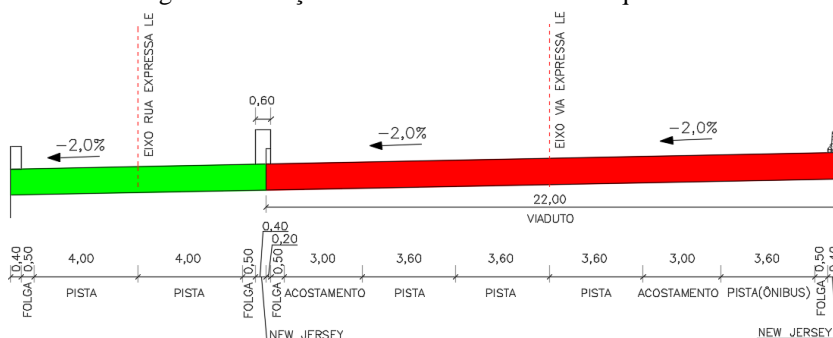
Para viabilizar tecnicamente esse prolongamento, serão construídos quatro viadutos: dois por sentido de tráfego, sendo que cada par é separado por uma junta de dilatação e há um vão de 3,20 metros separando os dois sentidos. A OAE possui 66,80 m de largura ao todo e terá quatro viadutos, dois para cada sentido: 9 m para cada um dos viadutos mais externos; 21,40 m para cada um dos viadutos internos. Além de barreira *new jersey* lateral de 0,40 m e 0,60 m para a barreira *new jersey* entre os viadutos de mesma sentido. Os viadutos serão construídos com seção caixão celular com células retangulares em concreto armado de 2 m de altura.

Figura 45 – Representação do binário constituído na intersecção da BR-282/SC com a R. Koesa (as setas nas vias indicam o sentido do tráfego) (sem escala).



A Figura 46 apresenta o lado esquerdo da seção transversal da OAE com mais detalhes, especificando as larguras de cada uma das faixas e demais elementos da pista. O lado direito é simétrico em relação ao lado esquerdo. A cor verde representa o viaduto da Rua Expressa Lateral e a cor vermelha, da Via Expressa. Ao todo, serão cinco faixas por sentido para tráfego misto e uma para ônibus. Há acostamentos separando o tráfego misto do corredor exclusivo e do tráfego da Rua Expressa Lateral. As faixas destinadas ao tráfego misto serão de pavimento flexível e às destinadas ao corredor de ônibus, pavimento rígido.

Figura 46 – Seção transversal OAE – lado esquerdo.



Fonte: Adaptado de Consórcio Via Expressa (2014).

Quanto às dimensões longitudinais, os viadutos terão 164,00 m de comprimento (Consórcio Via Expressa, 2014). E a Figura 47 apresenta um corte longitudinal da OAE, onde é possível observar que as cabeceiras são aterradas, enquanto o restante é livre.

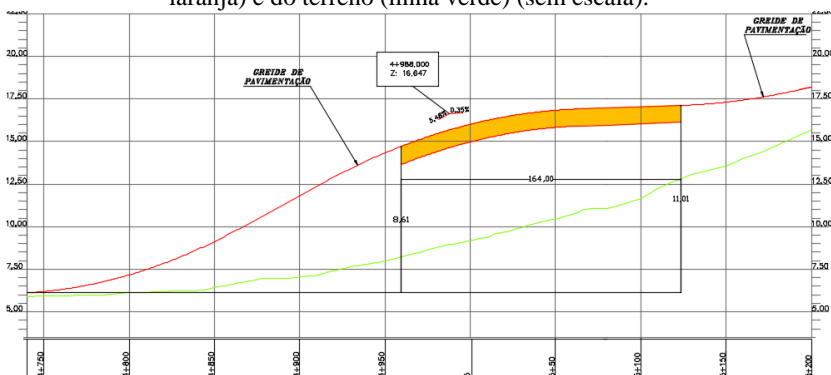
Figura 47 – Corte longitudinal da estrutura da OAE (sentido: Pontes – BR-101) (sem escala).



Fonte: Adaptado de Consórcio Via Expressa (2014).

Os viadutos encontram-se em um trecho da via com inclinação altimétrica inicial de 5,48% e ao final, 0,35% e onde ela se desenvolve planimetricamente em linha reta (Consórcio Via Expressa, 2014). A Figura 48 contém uma representação esquemática do perfil longitudinal da via (linha vermelha) incluindo o do viaduto (sólido laranja) e o perfil do terreno (linha verde). A escala vertical do perfil está ampliada, tornando o desnível visualmente maior.

Figura 48 – Perfil longitudinal da via (linha vermelha), do viaduto (sólido laranja) e do terreno (linha verde) (sem escala).



Fonte: Adaptado de Consórcio Via Expressa (2014).

A análise das características desse projeto permite inferir que a implantação de uma estação no canteiro central nesta intersecção possui potencialidades e dificuldades e que o projeto elaborado, da forma como está, não procurou sanar algumas dessas dificuldades. Talvez porque não os identificou ou talvez porque optou por não considerar a existência de estações, tanto no cenário presente quanto futuro.



O principal agravante advindo do projeto para a implantação da estação é a inclinação altimétrica do viaduto, pois disso decorre que a estação estaria inclinada e que, portanto, o acesso aos veículos não seria em nível, como os principais manuais de BRT assim o sugerem.

### 5.3 FATORES DE ATRAÇÃO E REJEIÇÃO

A estação Lédio possui diversos fatores de atração que justificam sua implantação no local definido. O principal fator é a conexão que a estação proporcionaria entre as partes norte e sul da área de abrangência e, por consequência, da cidade de São José. Essa conexão facilitaria a integração, como um todo, da Região Metropolitana de Florianópolis.

Também são fatores de atração:

- A intersecção da BR-282/SC com a Rua Koesa ser em desnível (Figura 42);
- A tendência de adensamento urbano da região, de acordo com o Plano Diretor de São José (1985);
- O binário entre as vias R. Koesa e Av. Lédio J. Martins proposto pelo projeto de ampliação da BR-282/SC;
- A proximidade com importantes polos de atração (Figura 49): *shopping center* (1), hotel (2), hospital privado (3), supermercado atacadista (4), centro administrativo da Prefeitura de São José (5), centro empresarial (6), loja de sapatos (7), loja de material de construção civil (8) e supermercado (9).

Figura 49 – Polos de atração da área de abrangência da estação Lédio.

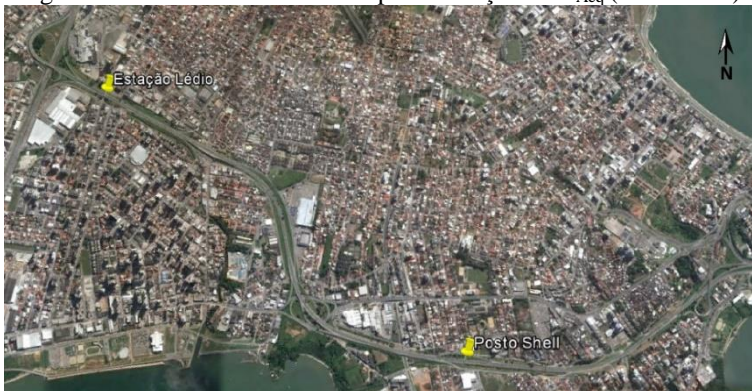


Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2016).

A medição da pressão sonora na rodovia caracterizou de forma mais adequada o nível do desconforto sonoro já preconizado pela literatura.

A medição da pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ) seguiu metodologia semelhante à aplicada na BR-101/SC. O local escolhido é mostrado na Figura 50 e em detalhes na Figura 51, o qual o fluxo de tráfego é livre, com alta velocidade e proporcionou segurança para as medições. A medição não foi realizada onde a estação Lédio seria implantada, devido a limitações da geografia local, que não possibilitavam um local próximo à rodovia e seguro.

Figura 50 – Local na BR-282/SC para medição de  $L_{Aeq}$  (sem escala).



Fonte: Google Earth (2018).

Figura 51 - Local de medição na BR-282/SC, em frente ao posto de gasolina Shell, pontos A1, A2 e A3 e distância para o centro de cada sentido (sem escala).



Fonte: Adaptado de *Open Street Map* (2018).

No dia 07/02/2018, as medições ocorreram às 14h05, 14h21 e 14h59. Em todas as medições, o sonômetro estava a 1,30 m do chão, posicionado horizontal e perpendicularmente à rodovia. Durante as medições, a velocidade do vento não excedeu 5 m/s (18 km/h) e a temperatura ambiente era de 28 °C a 32 °C. O sonômetro foi posicionado a mais de 3,50 m de superfícies reflexivas sempre que possível.

Nos pontos A1 e A2 o sonômetro estava a menos de 1 m de vegetação pequeno a médio porte, pois não havia espaço seguro limpo na lateral da rodovia. Durante a medição no ponto A1, uma viatura policial passou com a sirene ligada e durante a medição no ponto A3 ocorreram outros três eventos: ambulância com sirene ligada, helicóptero e dois carros passaram atrás no sonômetro, na marginal, com velocidade elevada e aceleração forte.

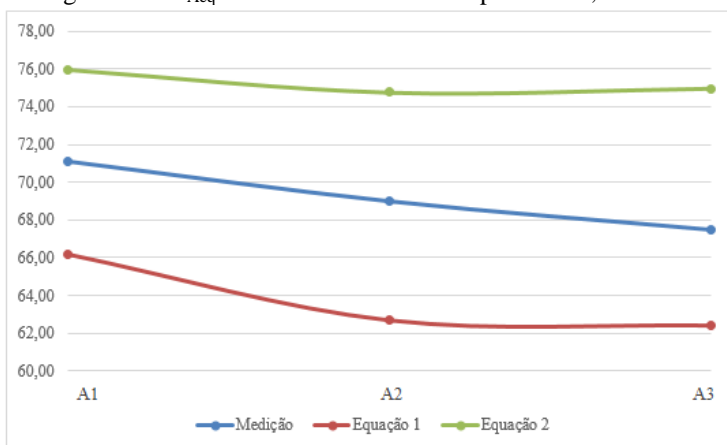
A medição na BR-282/SC igualmente validou as equações 1 e 2 e pode verificar os níveis de ruído na rodovia.

Como as medições ocorreram em cada sentido, a contagem foi aplicada nas equações considerando a distância do sonômetro para o eixo de cada sentido de tráfego, conforme indicado na Figura 51. A Tabela 28 apresenta os resultados das medições e dos cálculos de  $L_{Aeq}$ . A Figura 52 apresenta os resultados na forma de gráfico. No Apêndice J está o resultado da contagem de veículos realizada e as variáveis consideradas na Equação 2 estão nos apêndices K, L e M.

Tabela 28 –  $L_{Aeq}$  medido com sonômetro e calculado pelas equações 1 e 2.

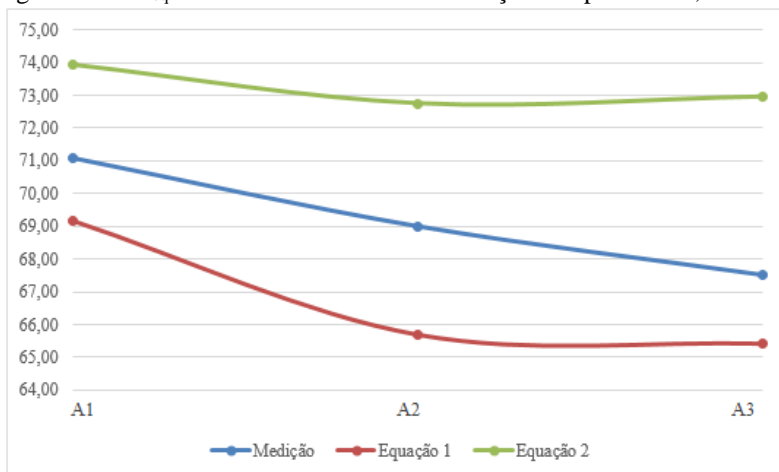
Pontos	Sonômetro (dBA)	Equação 1 (dBA)	Equação 2 (dBA)
A1	71,10	66,19	75,95
A2	69,00	62,70	74,76
A3	67,50	62,42	74,96

Figura 52 –  $L_{Aeq}$  medido e calculado nos pontos A1, A2 e A3.



Os resultados de medição e aplicação das equações são diferentes (Tabela 28 e Figura 52), porém observa-se um padrão nessa diferença, semelhante ao que ocorreu no Estudo de Caso da Estação Correios. Aplicando as mesmas considerações realizadas no Estudo de Caso da Estação Correios, ampliou-se os valores da Equação 1 e atenuou-se a Equação 2. A Figura 53 representa os dados após a correção.

Figura 53 –  $L_{Aeq}$  medido e calculado com correção nos pontos A1, A2 e A3.



Deste modo, concluiu-se que ambas as equações podem ser utilizadas para estimar o nível de ruído no local de estudo.

A Tabela 29 apresenta os resultados simulando o nível de ruído que uma pessoa na estação no canteiro central da rodovia perceberia. Para o cálculo foi considerado a que a fonte do ruído é o eixo da pista de tráfego misto da Via Expressa (Figura 55) e está a 15,5 m do usuário. Esses valores são aproximados, pois não o ruído gerado pelos ônibus e pelo tráfego na Rua Expressa Lateral não estão sendo considerados.

Tabela 29 – Valores de pressão sonora ajustados para o canteiro central da rodovia.

Pontos	Sonômetro (dB(A))	Equação 1 (dB(A))	Equação 2 (dB(A))
<b>A1</b>	70,58	72,72	72,04
<b>A2</b>	72,65	72,93	70,85
<b>A3</b>	71,89	73,10	71,06

Ao comparar o  $L_{Aeq}$  medido com o sonômetro, calculado a partir das equações considerando receptor no canteiro central e encontrado na literatura (Tabela 30), verifica-se que o nível de ruído da rodovia está aproximadamente 10 a 22 dBA acima do limite de conforto sonoro.

Tabela 30 – Comparação de  $L_{Aeq}$  medido, calculado e da literatura.

Pontos	Sonômetro (dBA)	Equação 1 (dBA)	Equação 2 (dBA)	Literatura (dBA)
A1	70,58	72,72	72,04	78,0 - 82,5
A2	72,65	72,93	70,85	
A3	71,89	73,10	71,06	

Os resultados de  $L_{Aeq}$  da rodovia BR-282/SC foram mais baixos se comparados à BR-101/SC, principalmente porque nessa rodovia, o número de veículos com 3 eixos ou mais foi inferior. Já a diferença entre os  $L_{Aeq}$  ajustados para o canteiro central, deve-se à seção transversal proposta para as rodovias (Figuras 46 e 55). Na BR-282/SC, o passageiro estará mais distante do tráfego de misto do que na BR-101/SC.

De acordo com a Tabela 14, para atender à NBR 10.151, as edificações precisam estar a uma distância aproximadamente entre 36 m e 360 m da rodovia ( $L_{eq}$  de 70 e 80 respectivamente), o que não ocorre na realidade com uma parte da área de abrangência.

Os fatores de rejeição, portanto, da área de abrangência são:

- Rodovia de elevado volume de tráfego de alta velocidade, por criar um ambiente segregador e inseguro;
- Poluição sonora devido ao ruído produzido pelos veículos;
- Calçadas mal conservadas e com irregularidades;
- Inexistência de ciclovias ou ciclofaixas;
- Ambiente pouco arborizado, o que favorece o aumento da sensação térmica.

O projeto de ampliação da BR-282/SC maximiza a poluição atmosférica e a elevação de temperaturas na rodovia e região, pois acrescenta faixas de rolamento e, com isso, induz maior tráfego, impermeabiliza mais porções do solo, retira arborização existente, por menor que seja.

A estação pode atuar como um fator de rejeição se estiver apoiada no viaduto, pois podem ocorrer trepidações devido à vibração produzida

pela passagem dos veículos. Isso pode se tornar um fator de rejeição por gerar uma situação desconfortável e insegura aos passageiros.

#### 5.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO

O Observatório da Mobilidade sugeriu a locação da estação Lédio no cruzamento da Rua Koesa com a BR-282/SC devido à conexão que esta rua representa para a região, integrando as porções norte e sul da cidade de São José (Observatório da Mobilidade, 2017). Esta pesquisa concorda com a locação proposta especialmente pelo fato dela se beneficiar com o projeto de ampliação da BR-282/SC, o qual construirá um binário na intersecção (Figura 45) e por estar corroborado pelo proposto por Levinson et al. (2003) e APTA (2010).

A estimativa da demanda de viagens da estação seguiu a metodologia apresentada na seção 3.5. A Tabela 31 apresenta o número de passageiros por transporte coletivo atual e a proveniente do transporte individual, já considerando a troca modal de 15%. E a Tabela 32 apresenta a demanda projetada total da estação e da hora-pico.

Tabela 31 – Volume de passageiros da Estação Lédio considerando os passageiros atuais do transporte coletivo e da troca modal.

	Transporte coletivo (viagens/dia)	Troca modal de 15% (viagens/dia)				
		RMF	SJ Norte	SJ Sul	Biguaçu	Palhoça
<b>Total</b>	5.501	768	328	142	278	1.272
<b>Total modo</b>	5.501	2.788				
<b>Total Geral</b>	8.289					

Fonte: Observatório da Mobilidade (2016).

Tabela 32 – Volume futuro total e da hora-pico de passageiros da Estação Lédio.

	Volume de passageiros na estação	Projeção para 2045
<b>Total</b>	8289	11.605
<b>Hora-pico</b>	995	1.393

A frequência das linhas que usariam a Estação Lédio foi determinada a partir do projeto operacional elaborado pelo Projeto Neotrans (Observatório da Mobilidade, 2017). Entretanto, foram

necessárias fazer algumas adaptações e atualizações desse projeto, porque no projeto operacional original não haveria estações na BR-282/SC, isto é, todos os ônibus que trafegassem pelo corredor seriam expressos. A Tabela 33 apresenta as linhas e frequências originais.

Tabela 33 – Linhas e frequências do corredor de BRT da BR-282/SC conforme projeto operacional original.

<b>Linhas</b>	<b>São José Norte</b>	<b>São José Sul</b>	<b>Biguaçu</b>	<b>Palhoça</b>
<b>Intervalo (min)</b>	2	5	6	6
<b>Frequência (bus/hora)</b>	30	12	10	10

Fonte: Adaptado de Observatório da Mobilidade (2017).

Para a determinação da frequência, optou-se por não se diferenciar as linhas, fazendo uma combinação das frequências de todas as linhas de ônibus que usarão a estação. É importante observar que nem todos os ônibus pararão em todos os horários na estação, especialmente aqueles que pertencem a linhas expressas e/ou têm altas frequências (intervalo de 2 a 5 minutos).

A fim de manter a característica fundamental dessas linhas, isto é, de serem expressas, é comum, no projeto operacional das linhas, assumir que os veículos pararão em estações intercaladas e que em alguns horários, eles farão um trajeto sem paradas. Para esses ônibus, considera-se que, de quatro veículos, um parará na estação, aproximadamente.

Portanto, assumindo-se que apenas  $\frac{1}{4}$  dos ônibus realmente parariam e somando os veículos das linhas, tem-se 15 ônibus por hora, ou seja, a cada 4 minutos ter-se-ia um ônibus parando na estação, independentemente de seu itinerário.

Assumiu-se ainda que todos os ônibus que utilizarão o corredor de BRT serão articulados e possuem 23 m de comprimento (MERCEDES-BENZ, 2016).

Deste modo, tendo um volume de passageiros na hora-pico de 1.393 e uma frequência de 15 ônibus articulados por hora, a largura calculada para a estação é de 4,64 m (plataforma única) e 3,17 m (plataforma individual). Na Tabela 34 pode ser observada a sistematização dos resultados parciais do cálculo de dimensionamento da estação, conforme Wright e Hook (2007).



Tabela 34 – Sistematização dos resultados parciais do cálculo de dimensionamento da estação.

Passageiros Hora-pico	Intervalo Hora-pico	Freq Hora-pico	F <sub>max</sub>	C <sub>pax</sub>	A <sub>minesp</sub>	Tipo
1601	4	15	92,9	3	30,96	Art
C <sub>bus</sub>	L <sub>esp</sub>	L <sub>circ</sub>	L <sub>espop</sub>	L <sub>plat</sub> <sup>(1)</sup>	L <sub>plat</sub> <sup>(2)</sup>	-
<b>23</b>	1,47	0,70	1,47	<b>4,64</b>	<b>3,17</b>	-

Legenda: F<sub>max</sub>: n° passageiros em espera no horário de pico; C<sub>pax</sub>: n° de passageiros por m<sup>2</sup>; A<sub>minesp</sub>: Área mínima de espera; C<sub>bus</sub>: Comprimento do ônibus; L<sub>esp</sub>: Largura necessária para passageiros esperando em uma direção;

L<sub>circ</sub>: Largura necessária para a circulação de passageiros; L<sub>espop</sub>: Largura necessária para passageiros esperando por veículos do sentido oposto; L<sub>platind</sub>: Largura da plataforma individual; L<sub>plattot</sub>: Largura da plataforma total.

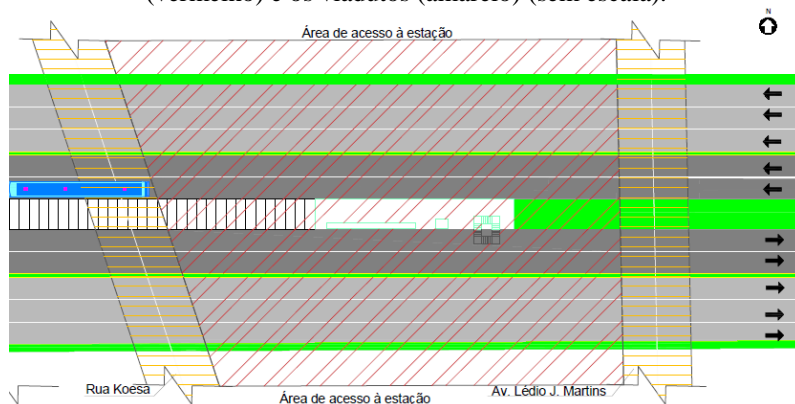
Há, entretanto, limitações físicas de espaço no corredor impostas pelo projeto original do Consórcio Via Expressa. Em um projeto onde todos os componentes necessários estão agregados desde a sua concepção, não ocorreriam impasses dessa ordem.

Contudo, a observação atenta ao projeto original permite apontar soluções viáveis sem que a largura da seção transversal da OAE seja modificada. Na Figura 46, que apresenta um lado da seção transversal da OAE, percebe-se que havendo a estação no canteiro central, não há a necessidade de construir-se uma *new jersey* entre o canteiro e o corredor. Então, ao eliminar-se a *new jersey* e a folga entre o canteiro central e o corredor, acrescenta-se 90 cm de cada sentido à largura do canteiro, o qual ficaria com 5 m – tamanho adequado para a construção da estação.

Tendo em vista as características da Estação Lédio e as recomendações da bibliografia especializada, uma estação de 60 m de comprimento seria a mais adequada para a região. Deste modo, dois veículos poderiam parar simultaneamente em cada lado da estação.

O vão sob o viaduto representa um amplo espaço que pode ser aproveitado pela estação (Figura 54). O Apêndice N é a representação gráfica do Projeto da Estação Lédio e nele observa-se o vão disponível e a distribuição dos ascensores e outros equipamentos da estação.

Figura 54 – Vista em planta dos ascensores da estação na área de acesso (vermelho) e os viadutos (amarelo) (sem escala).



## 5.5 MEDIDAS MITIGADORAS

As medidas mitigadoras apresentadas nesta seção procuram reduzir o efeito dos fatores de rejeição, ao mesmo tempo que buscam maximizar os efeitos dos fatores de atração da área de abrangência da estação. Também faz uma análise crítica dos projetos existentes para a região, propondo alterações e melhorias, que visam aumentar a atratividade do sistema.

### 5.5.1 Alterações no Projeto de Ampliação da BR-282/SC

A partir de uma análise crítica do projeto apresentado à luz das recomendações dos principais manuais de BRT e estudos de caso, algumas propostas de melhoria e de acréscimos ao projeto da intersecção Koesa podem ser enumeradas.

Identificou-se duas principais vantagens no projeto original desta intersecção. Em primeiro lugar, o binário criado possibilita a integração modal dos passageiros, que poderiam tanto acessar à estação quanto sair dela aproveitando a conexão com a via sob a estação. O projeto das linhas de ônibus elaborado pelo Observatório da Mobilidade prevê linhas na Rua Koesa, cruzando a BR-282/SC, integrando as porções norte e sul da cidade de São José. Através dessas linhas, os usuários do transporte coletivo poderiam utilizar a Estação Lédio como estação integradora, tanto dentro da cidade de São José, quanto com o restante da Grande Florianópolis.

Em segundo, o vão central da Obra de Arte Especial poderia ser explorado na construção de um acesso por debaixo da BR-282/SC, a partir de escadas, escadas rolantes e elevadores, por exemplo. Pelo corte longitudinal (Figura 47) do viaduto, pode-se supor que apenas as cabeceiras dele serão aterradas, enquanto nos vãos intermediários não há aterramento, proporcionando deste modo um potencial espaço a ser utilizado pela estação. Além da instalação de ascensores, poderia ser implantado pequenos comércios e outras instalações da própria estação.

Como a estação possui 60 metros de comprimento, um único acesso por um dos lados desta é suficiente, como indicado no Apêndice N. O acesso pode se dá por escadas e elevador (a partir debaixo da BR-282/SC) e/ou por passarelas (por cima da BR-282/SC). Acessar a estação pela intersecção, ou seja, por baixo da BR-282/SC é o caminho mais curto: os usuários teriam que vencer um desnível de aproximadamente 10 metros<sup>10</sup>, representando uma distância horizontal de aproximadamente 16,50 metros.

Os usuários que utilizariam as passarelas, como precisam cruzar a BR-282/SC, terão um deslocamento vertical de 21 m<sup>11</sup> e, portanto, seu deslocamento horizontal será de aproximadamente 350 m. Por isso, passarelas tornam-se pouco atrativas e reduzem significativamente a área de abrangência da estação.

Apesar de existirem opções no projeto do Consórcio Via Expressa que favorecem a inclusão de estações no corredor da BR-282/SC, o projeto original proporciona grandes desafios à consolidação de um sistema de BRT atrativo na RMF. Da não projeção de uma estação decorre que a estrutura da OAE não foi projetada para suportar e comportar a estação com todos os equipamentos necessários; e não foram também incluídas faixas de ultrapassagem na estação.

Para resolver esse impasse, também se apresentam duas soluções. A primeira delas seria ampliar a largura da seção transversal da OAE para incluir uma faixa de ultrapassagem na estação. Essa solução representa aumento no custo total da obra e reposicionamento da estrutura de suporte (pilares e vigas) da OAE, o que a torna pouco recomendável.

A segunda solução proposta (Figura 55) consiste em subtrair o acostamento interno das faixas do tráfego misto (nomeada de Via

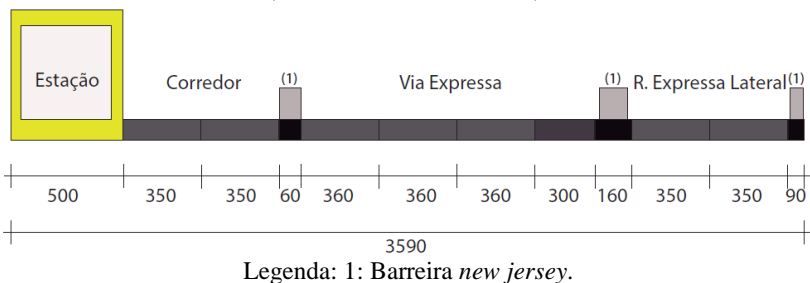
---

10 A altura do pilar é de 8 m e acrescenta-se à altura de 2 m da vida caixão.

11 Considera-se que a Rua Local (onde iniciará a passarela) está no mesmo nível da intersecção e que o gabarito da BR-282/SC é de 5,50 m (essa distância foi considerada duas vezes, pois o pedestre precisa subir para passar acima dos veículos da BR-282/SC e depois descer, para voltar ao nível da estação).

Expressa), reduzir a largura das faixas da Rua Expressa Lateral – originalmente, duas faixas de 4 m de largura –, reduzir a largura da faixa do corredor exclusivo e, assim, construir duas faixas de rolamento de 3,50 m no corredor e uma barreira física separando o corredor do tráfego misto.

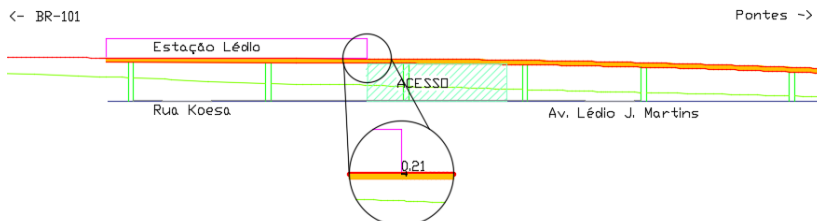
Figura 55 – Proposta de faixa exclusiva com faixa de ultrapassagem (medidas em centímetros).



De acordo com o Manual de Projeto Geométrico do DNIT (DNER, 1999), quando a via possui três faixas por sentido deve-se construir acostamento em ambos os lados da via. Vale destacar, porém, que a eliminação do acostamento interno ocorreria apenas nas proximidades da estação como forma de permitir a ultrapassagem dos ônibus no corredor e não se aplicará, portanto, à toda a via.

A Figura 48 sugere que a inclinação do viaduto é grande, o que não ocorre na realidade. De acordo com o dimensionamento da estação Lédio seu comprimento é de 60,00 m. Portanto, implantando-se a estação no final do viaduto, onde ele é menos inclinado, a altura a ser eliminada é de 0,21 m (Figura 56). Apesar de pequena, ela deve ser corrigida para não prejudicar o alinhamento do veículo à plataforma de embarque. A correção da inclinação poderia ser realizada refazendo o projeto do viaduto, no qual optar-se-ia por consertar a inclinação de toda a obra de arte ou apenas do corredor exclusivo.

Figura 56 – Desnível entre estação e viaduto (medidas em metros; sem escala).



Fonte: Adaptado de Consórcio Via Expressa (2014).

Há duas soluções de projeto para alterar a inclinação apenas das faixas relativas ao corredor exclusivo (faixa do ônibus e ultrapassagem) (Figura 55). No projeto original, há dois viadutos por sentido, sendo que o corredor de ônibus está sobre o mesmo viaduto do tráfego misto, ao passo que o segundo viaduto receberá apenas o tráfego da Rua Expressa Lateral. A primeira opção, portanto, seria manter a construção de dois viadutos por sentido, porém invertendo-os de modo que um deles seja apenas para o corredor exclusivo. Nesta situação, as larguras dos viadutos precisariam ser modificadas.

A segunda solução seria construir três viadutos por sentido: um para o corredor exclusivo, outro para o tráfego misto da Via Expressa e o terceiro para o tráfego misto da Rua Expressa Lateral. Nesta opção, seria incluída no projeto da OAE mais uma junta de dilatação e a construção dos viadutos poderia ocorrer de acordo com o proposto originalmente.

Em todas as opções apresentadas, o projeto da OAE precisaria ser refeito também para incluir a estação no canteiro central, o qual no projeto original é apenas um espaço vazio entre os sentidos de tráfego.

Apesar de todos os empecilhos impostos pelo projeto original da intersecção Koesa, os quais fazem técnicos do órgão gestor da rodovia estarem convictos da impossibilidade de implantar-se uma estação de BRT nessa intersecção, esta pesquisa contestou e mostrou que tal convicção, à luz das soluções proposta por este estudo, pode ser reconsiderada.

### 5.5.2 Mitigação dos fatores de rejeição

As medidas mitigadoras propostas nesta seção seguem as diretrizes definidas nas Tabelas 15 e 16.

As medidas a serem adotadas para mitigar a poluição sonora, a poluição atmosférica e o desconforto térmico são as mesmas sugeridas na seção 4.4. Entretanto, na mitigação do desconforto sonoro da estação, não é necessário material isolante de alto desempenho (29 dBA).

Quanto à acessibilidade da área de entorno, as estações precisam ser atendidas por linhas alimentadoras com itinerários que incluam toda a área de abrangência e áreas adjacentes. Deve ser proporcionada acessibilidade universal através de calçadas largas (>1,20 m), travessias em nível, piso podotátil, sinal sonoro e visual.

Diferentemente da Estação Correios, a área de abrangência da Estação Lédio apresenta maior diversificação de comércios e serviços, além das calçadas terem melhor estado de conservação. Apesar dessa região ter densidade populacional mais baixa, a demanda da estação é de pouco mais de 3 vezes o mínimo requerido.

Contudo, isso não implica que toda a demanda prevista utilizará a estação. A Estação Lédio tem grande potencial para atrair os frequentadores do *shopping center*, dos centros comerciais e aqueles que desejam cruzar a cidade de São José no sentido norte-sul.

A área sob o novo viaduto entre a rua Koesa e Av. Lédio João Martins deve ser qualificada para receber os ascensores à estação e área de bilhetagem da estação, além outros serviços complementares à estação (lanchonetes, lotérica).

O conceito apresentado pela intervenção *Viaduct Path Above* (Figura 10, b) ilustra as intervenções arquitetônicas possíveis e deve ser aplicado na área de abrangência como um todo a intervenção urbanística *Perceptual Links*.

As estações também devem ter pé direito elevado (> 3m), com telhado projetado sobre a via, para proteger os usuários das intempéries climáticas e plataforma em nível.

## 5.6 ESTAÇÕES NAS LATERAIS

Até o momento, considerou-se que a estação Lédio estaria no centro da BR-282/SC, mas é válido analisar as vantagens e dificuldades da implantação da estação nas laterais da BR-282/SC, entre a Via Expressa e a Rua Expressa Lateral ou entre esta e a Rua Local.

A primeira dificuldade de uma implantação de estação nas laterais seria a completa alteração do projeto geométrico e de pavimentação da Ampliação da BR-282/SC, tendo em vista que o corredor exclusivo precisaria ser realocado para as laterais da Via Expressa. Uma vez que não é coerente implantar a estação fora do

corredor ou implantar algumas estações no centro e outras na lateral da via.

Partindo do princípio, portanto, que todo o corredor seria deslocado do centro da BR-282/SC, ele seria implantado na Rua Expressa Lateral ou na Rua Local. De acordo com o projeto de Ampliação da BR-282/SC, a Rua Expressa Lateral não está presente nos 5,6 quilômetros de rodovia, pois sua função é minimizar os atritos entre veículos entre a Via Expressa e a Rua Local nas proximidades das intersecções. Por este motivo, o corredor de BRT precisaria estar na Rua Local; preferencialmente no lado esquerdo, para não sofrer atrasos e interferências devido ao tráfego local.

Ainda assim, ele não seria inteiramente exclusivo, uma vez que haveria o fluxo de veículos entre a Rua Expressa Lateral e a Rua local. Desta forma, os veículos realizariam entrelaçamentos com os ônibus no corredor constantemente. Ao todo, no sentido pontes – BR-101/SC, há 8 saídas e 6 acessos entre elas. No sentido contrário são 3 acessos e 2 saídas, porém tanto a Rua Expressa Lateral quanto a Rua Local deixam de existir próximo à intersecção Av. Eng. Max de Souza, aproximadamente 500 metros do acesso à ilha. Algo semelhante ocorre próximo à intersecção Av. Gov. Ivo Silveira, em ambos os sentidos, pois a Via Expressa é a única via que segue em frente, enquanto todas as demais sofrem desvios. Deste modo, próximo a esta intersecção, os ônibus precisariam acessar a Via Expressa, uma via de alta velocidade, ou prolongar seu trajeto.

As dificuldades devido à inclinação da OAE e da locação da estação são as mesmas comparadas à configuração de estações no centro do corredor. Os mesmos fatores de rejeição devem ser levados em consideração. Como cada estação atenderia a apenas um sentido, ela não precisaria ter portas de ambos os lados, seria menor e não necessitaria de ascensores.

Essas alterações significam economia na construção, porém essa economia inicial pode não representar uma economia final, uma vez que serão necessários instalar em ambas os equipamentos de ITS, de cobrança de tarifa e de acesso; cada estação terá a sua equipe de operação, que pode duplicar em número, em relação à equipe da estação no canteiro central.

A estação lateral teria uma largura menor comparada à estação central, porém como cada estação lateral precisaria ter 3 m de largura – mínimo recomendado –, no total, elas seriam mais largas do que a estação central (com 5m). O aumento da largura pode ser compensado com a redução do comprimento. Porém, tendo em vista que a maior

dificuldade de implantar a estação nesta intersecção é devido a restrita seção transversal disponível, um projeto de estação que requer mais 1 metro tende a não ser viável.

Por serem duas estações, distantes uma da outra, acrescenta-se a dificuldade de troca de linha em que é necessário trocar de estação. O acréscimo de caminhada para a troca de estação e de consequente tempo de viagem pode se tornar um fator de rejeição ao sistema. Para determinar o real efeito desse deslocamento, seria necessário avaliar se é significativa a porcentagem de viagens semelhantes em relação ao número total de viagens da estação.

A avaliação da viabilidade de se implantar duas estações na lateral na BR-282/SC recaí na análise da viabilidade econômica e técnica, diferentemente do estudo de caso da BR-101/SC, pois para a rodovia BR-282/SC já existe um projeto de intervenção na rodovia elaborado, bem como uma probabilidade maior de captação de recursos.

## 5.7 SÍNTESE DOS ESTUDOS DE CASO

A Tabela 35 apresenta uma síntese dos principais resultados dos estudos de caso: estação Correios e estação Lédio.

Tabela 35 – Síntese dos principais resultados dos estudos de caso.

	<b>Correios</b>	<b>Lédio</b>
<b>Fatores de atração</b>	Conexão da população de Biguaçu – São José parte norte – São José parte sul – Palhoça; Polos de empregos.	Conexão entre as partes norte e sul da área de abrangência e da cidade de São José; Polos de emprego; Comércio diversificado.
<b>Fatores de rejeição</b>	Região pouco arborizada e muito impermeabilizada; Rodovia com elevado volume de tráfego e alta velocidade; Poluição sonora; Poluição atmosférica; Calçadas que não atendem às exigências de acessibilidade; Ausência de ciclovias ou ciclofaixas; Comércio mais voltado a automóveis e autopeças; Pouca diversificação das atividades comerciais; Linhas de ônibus pouco frequentes.	Rodovia de elevado volume de tráfego de alta velocidade; Poluição sonora; Poluição atmosférica; Calçadas que não atendem às exigências de acessibilidade; Inexistência de ciclovias ou ciclofaixas; Ambiente pouco arborizado.



Tabela 36 – Síntese dos principais resultados dos estudos de caso (cont.).

	<b>Correios</b>	<b>Lédio</b>
<b>Medição de <math>L_{Aeq}</math></b>	83 – 85 dBA	70 – 72 dBA
<b>Volume de passageiros hora pico (2045)</b>	2.125	1.393
<b>Dimensionamento da estação</b>	<p>Locação: cruzamento da BR-101/SC com as Ruas do Iano e Antônio Schroeder</p> <p>Configuração: estação dupla escalonada</p> <p>Comprimento: 50 m (cada)</p> <p>Largura: 5 m</p>	<p>Locação: cruzamento da BR-282/SC com a Rua Koesa e Av. Lédio João Martins (prolongada)</p> <p>Configuração: estação única</p> <p>Comprimento: 60 m</p> <p>Largura: 5 m</p>
<b>Medidas mitigadoras</b>	<p>Sonora: isolamento acústico e pavimento silencioso;</p> <p>Atmosférica: filtros de ar, vegetação;</p> <p>Térmica: vegetação, climatização, pintura de calçadas e ruas;</p> <p>Estação: pé direito elevado, plataforma em nível, projeção do telhado;</p> <p>Acessibilidade: diversificação do comércio; atender à NBR 9.050, revitalização da área de abrangência e da área sob os viadutos, ciclovias e ciclo-faixas, linhas de transporte frequentes e integradas ao sistema de BRT;</p> <p>Políticas de incentivo ao transporte coletivo especialmente voltadas aos trabalhadores próximos à estação.</p>	<p>Sonora: isolamento acústico e pavimento silencioso;</p> <p>Atmosférica: filtros de ar, vegetação;</p> <p>Térmica: vegetação, climatização, pintura de calçadas e ruas;</p> <p>Estação: pé direito elevado, plataforma em nível, projeção do telhado;</p> <p>Acessibilidade: atender à NBR 9.050, revitalização da área de abrangência e da área sob os viadutos, ciclovias e ciclo-faixas, linhas de transporte frequentes e integradas ao sistema de BRT;</p> <p>Políticas de incentivo ao transporte coletivo especialmente voltadas aos trabalhadores e frequentadores dos centros de compras próximos à estação;</p> <p>Adaptação do projeto de ampliação da BR-282/SC.</p>
<b>Estação na lateral</b>	Sim	Não



## 6 CONCLUSÃO

As rodovias urbanizadas representam corredores importantes para a melhoria da mobilidade urbana de grandes cidades e têm potencial para receber infraestrutura de transporte coletivo de média e alta capacidade. Entretanto, observou-se ao longo da pesquisa que a percepção dos usuários do transporte coletivo e a literatura indicam que os usuários de estações no centro de rodovias são expostos a níveis elevados de poluição sonora, de poluição atmosférica, de desconforto térmico, além de serem locais de difícil acesso. Assim, o objetivo desta pesquisa foi oferecer uma descrição, um diagnóstico e propor algumas soluções para a implantação de estações de BRT no canteiro central de rodovias de classe I-A que sejam atrativas aos usuários de transporte coletivo.

Destes dois estudos de caso, levando em consideração a literatura, foram avançadas as conclusões e os resultados, que estão a seguir organizados dos mais específicos para os mais gerais.

Os resultados dos estudos de caso são relativos aos principais fatores de atração e rejeição identificados e as principais medidas mitigadoras propostas. Os fatores de atração identificados mais relevantes são; densidade de empregos, polos de atração, o fato de a estação ser um conector entre as duas marginais da rodovia e, por consequência, da cidade. Na BR-282/SC destaca-se ainda a diversificação do comércio local. Os fatores de rejeição referem-se ao desconforto sonoro e térmico, à poluição atmosférica e a algumas características da área de abrangência que prejudicam a acessibilidade.

Concluiu-se que o nível de ruído é superior ao nível de conforto em até 20 dBA, aproximadamente, o que exige a adoção de medidas que reduzam esse nível. A implantação de pavimento silencioso nas proximidades da estação reduz aproximadamente 3 dBA e o restante é alcançado com o isolamento acústico da estação.

A mitigação da poluição atmosférica é obtida pela combinação de revestimento fotocatalítico e instalação de filtros de ar, na estação.

A mitigação do desconforto térmico é alcançada, na estação, com climatizadores; na área de abrangência, com pinturas reflexivas em calçadas e ruas e arborização. Na estação a cobertura vegetal pode reduzir aproximadamente 80% da carga térmica.

As melhorias na acessibilidade referem-se à alteração do itinerário e aumento da frequência dos ônibus existentes para atuarem como alimentadores da estação; ampliação das calçadas; diversificação

do comércio no térreo (BR-101/SC); construção de ciclovias e ciclofaixas; e, requalificação da área sob os viadutos.

No dimensionamento das estações, verificou-se que, para a Estação Correios, plataformas duplas escalonadas de 5 m de largura por 50 m de comprimento cada atendem a demanda. Para a Estação Lédio, uma plataforma única de 5 m de largura e 60 m de comprimento é suficiente.

Quanto à possibilidade de implantar as estações na lateral ou no centro da rodovia, concluiu-se que de modo geral a melhor alternativa para a locação das estações é no centro das rodovias e não na lateral. Contudo, em decorrência do elevado custo que a obra de um novo viaduto representa, pelo reduzido canteiro central e faixa de domínio ocupada, esse requisito de projeto precisa ser dispensado e adequá-lo ao posicionamento da estação Correios nas pistas marginais da BR-101/SC.

Mesmo que a Estação Correios seja implantada na lateral da BR-101/SC, as medidas de mitigação determinadas devem ser aplicadas, incluindo a abertura do vão entre os viadutos das Ruas do Iano e Antônio Schroeder.

Na BR-282/SC é recomendado a implantação da estação no centro da rodovia, sobretudo devido ao projeto do Consórcio Via Expressa, que prevê um corredor central, a reconstrução do viaduto para ampliação da rodovia (que obrigatoriamente acontecerá) e pela rodovia possuir maior faixa de domínio não ocupada.

Sobre a locação, observou-se que implantar a estação na intersecção da rodovia com outras vias representa um importante fator de atração de usuários, devido à facilitada integração. A área livre sob a rodovia deve então ser aproveitada, pois oferece um amplo espaço para a implantação dos ascensores da estação e serviços complementares que favorecem a exploração econômica da estação. Com esse fim, verificou-se que o conceito da intervenção arquitetônica *Viaduct Path Above* é o que mais de adequado aos locais de estudo (conforme apresentado na sub-seção 2.3.4.

Verificou-se ainda que a qualificação da área livre sob a estação proporciona um espaço para o uso dos usuários da estação, mas também para os demais moradores do entorno da estação.

Outro importante resultado desta pesquisa são as diretrizes de projeto, as quais fornecem um guia para a elaboração dos estudos de caso, abrangendo desde a identificação dos fatores de rejeição e de atração à proposição de medidas mitigadoras. As diretrizes também apresentam como a estação de BRT deve ser dimensionada e como a

demanda de usuários pode ser estimada quando não há projeto operacional completo das linhas de ônibus.

No dimensionamento, quando não se tem disponível o projeto operacional completo das linhas, a demanda da estação pode ser estimada a partir do número de viagens realizadas na área de abrangência.

Observa-se que um projeto de estação que considera os fatores de rejeição e as formas de mitigá-los desde a sua concepção tende a ser mais bem-sucedido em resolvê-los, especialmente porque corrigir problemas que surgirem depois que o corredor e estação de BRT estão construídos inviabiliza algumas medidas mitigadoras.

Verificou-se ainda que a poluição sonora, a poluição atmosférica e o desconforto térmico são fatores de rejeição que não podem ser negligenciados no projeto da estação. Esses fatores são apontados como desconfortos tanto pela literatura quanto por usuários do transporte coletivo. Já a acessibilidade da área de abrangência, se não devidamente abordada, pode se tornar um fator de rejeição, pois interfere diretamente na disposição do usuário de transporte coletivo caminhar pela área de abrangência.

De modo geral, é possível concluir que é tecnicamente possível e viável implantar estações de BRT no canteiro central de rodovias de Classe I-A. A efetiva implantação depende de decisões políticas, uma das quais se refere a qual modo de transporte se quer priorizar.



## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR-7731: Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem.** Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_\_\_. **NBR-10.830: Caixilho para edificação – Acústica dos edifícios.** Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_. **NBR-10.151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR-9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Pedestres (ABRASPE). **Passarelas e passagens subterrâneas. Propostas.** São Paulo, 2001.

ACIOLY, Claudio e DAVIDSON, Forbes. **Densidade urbana: Um instrumento de planejamento e gestão urbana.** Rio de Janeiro: MAUAD Editora Ltda, 1998.

AKBARI, Hashem; POMERANTZ, Mel; TAHA, Haider. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. **Solar Energy**. v. 70, n. 3, p. 295–310. 2001. DOI: 10.1016/S0038-092X(00)00089-X

ALVES Filho, Joel Manoel. **Influência da composição do tráfego sobre o ruído gerado por rodovias.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (Brasil), 1997.

American Public Transportation Association (APTA). **Designing Bus Rapid Transit running ways.** APTA Standards Development Program. Recommended Practice. Washington, DC, 2010.

ASTRANA Jr., Cândido Alberto Lopes. **Estudo da absorção sonora e permeabilidade de concretos asfálticos drenantes.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Centro

Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (Brasil), 2006.

AVELLO, Jhon Wilson Correa. **Modelo estimado para el ruido generado por la interacción llanta-pavimento en corredores viales de pavimento rígido y flexible de Bogotá D.C.** Dissertação (Mestrado). Maestria en Docencia e Investigacion Universitaria – Escuela de Posgrados – Universidad Sergio Arboleda. Bogotá (Colômbia), 2013.

AVSAR, Yasar; GONULLU, M. Talha. Determination of safe distance between roadway and school buildings to get acceptable school outdoor noise level by using noise barriers. **Building and Environment**. v. 40, p. 1255-1260. Oxford, 2005. DOI: 10.1016/j.buildenv.2004.10.020.

BARÓ, Francesc et al. Contribution of Ecosystem Services to Air Quality and Climate Change Mitigation Policies: The Case of Urban Forests in Barcelona, Spain. **AMBIO**. V. 43, n. 4, pp 466–479. 2014. DOI: 10.1007/s13280-014-0507-x

BEELDENS, Anne; BOONEN, Elia. Recent photocatalytic applications for air purification in Belgium. **Coatings**. v. 4, p. 553-573. 2014. DOI: 10.3390/coatings4030553.

BISTAFA, Sylvio Reynaldo. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

BRASIL. **Lei nº 6.938**. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 13 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Código de Trânsito Brasileiro**. Arnaldo Luis Theodosio Pazetti, organização; [coordenação Anne Joyce Angher]. 12. ed. São Paulo: Rideel, 2010. (Coleção de leis Rideel. Série Compacta)

\_\_\_\_\_. **Lei 10.257/2001**. Estatuto da Cidade. 2001.

\_\_\_\_\_. **Lei 12.587/2012**. Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU). 2012.



\_\_\_\_\_. **Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários**. Relatório Final. Ministério do Meio Ambiente. 2013.

\_\_\_\_\_. **NR 15 - Atividades e operações insalubres**. Portaria SIT n.º 291, de 08 de dezembro de 2011. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Medicina do Trabalho. 2011.

BRAVO, Marcele Dorneles et al. Estudos para implantação de estações de BRT na região metropolitana de Florianópolis: o uso do sistema de informação geográfica (SIG) como ferramenta de análise. **Anais do XXX Congresso em Pesquisa e Ensino de Transportes**. v. 5, p. 361-372. Rio de Janeiro: ANPET, 2016. Disponível em: <[http://www.anpet.org.br/xxxanpet/site/anais\\_busca\\_online/documents/1\\_460\\_AC.pdf](http://www.anpet.org.br/xxxanpet/site/anais_busca_online/documents/1_460_AC.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2017.

BRÜEL & KJAER. Sound & Vibration Measurement A/S. **Environmental noise**. 2000.

BUCHINA, Oliver et al. Evaluation of the health-risk reduction potential of countermeasures to urban heat islands. **Energy and Buildings**. v. 114, p. 27–37. 2016. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.038.

CALLAI, Sérgio Copetti. **Estudo do ruído causado pelo tráfego de veículos em rodovias com diferentes tipos de revestimentos de pavimentos**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Transportes – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. São Paulo (Brasil), 2011.

CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio et al. Vegetação, pavimentos urbanos e suas implicações na sensação térmica dos pedestres. **PLURIS 2012, V Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável**. Brasília, 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/282516023>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

California Department of Transportation (CALTRANS). **Open Graded Friction Course Usage Guide**. Division of Engineering Services. Califórnia (EUA), 2006.

\_\_\_\_\_. **Bus Rapid Transit: A handbook for partners.** Califórnia (EUA), 2007.

CAMPANARIO, Paulo; MAMERI, Cecilia Polidoro. **Projeção da população residente do município de São José (SC): Urbana e rural, domicílios e setores censitários.** Associação dos Municípios da Grande Florianópolis. Prefeitura Municipal de São José. 2015.

CARPIO, Joe Arnaldo Villena Del. **Uso de pigmentos de óxidos de metais mistos na pavimentação para a mitigação da ilha de calor urbana.** Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (Brasil), 2014.

CARR, David; et al. Modeling annual benzene, toluene, NO<sub>2</sub>, and soot concentrations on the basis of road traffic characteristics. **Environmental Research Section A.** n. 90, p. 111-118. 2002. DOI: 10.1006/enrs.2002.4393.

CERATTI, Jorge A. Pereira et al. **Avaliação do ruído causado pelo tráfego de veículos em diferentes rodovias.** 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/268265985\\_AVALIACAO\\_DO\\_RUIDO\\_CAUSADO\\_PELO\\_TRAFEGO\\_DE\\_VEICULOS\\_EM\\_DIFERENTES\\_RODOVIAS](https://www.researchgate.net/publication/268265985_AVALIACAO_DO_RUIDO_CAUSADO_PELO_TRAFEGO_DE_VEICULOS_EM_DIFERENTES_RODOVIAS)>. Acesso em: 15 fev. 2017.

CERVERO, Robert et al. **Rail access modes and catchment areas for the BART system.** University of California Transportation Center. University of California. Berkeley, 1995.

CERVERO, Robert; KOCHELMAN, Kara. Travel demand and 3D's: density, diversity and design. **Transportation Research Part D: Transport and Environment.** n. 3, p. 199-219. 1997. DOI: 10.1016/S1361-9209(97)00009-6.

CERVERO, Robert et al. Influences of built environments on walking and cycling: Lessons from Bogotá. **International Journal of Sustainable Transportation.** v. 3, n. 4, p. 203-226. 2009. DOI: 10.1080/15568310802178314.

CERVERO, Robert; MURAKAMI, Jin; MILLER, Mark A. **Direct ridership model of Bus Rapid Transit in Los Angeles county.** UC

Berkeley Center for Future Urban. Transport: A Volvo Center of Excellence. University of California. Berkeley, 2009. DOI: 10.3141/2145-01.

CERVERO, Robert; KANG, Chang Deok. Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. **Transport Policy**. v. 18, p. 102–116. 2010. DOI: 10.1016/j.tranpol.2010.06.005.

CERVERO, Robert. **Bus Rapid Transit (BRT): An efficient and competitive mode of public transport**. Institute of Urban and Regional. Development. University of California. Berkeley, 2013.

CHALERMPOONG, Saksith; WIBOWO, Sony S. Transit station access trips and factors affecting propensity to walk to transit stations in Bangkok, Thailand. **Eastern Asia Society for Transportation Studies**. v. 6. 2007. DOI: 10.11175/eastpro.2007.0.232.0.

CHINA, Swarup; SALVADORI, Neila; MAZZOLENI, Claudio. Effect of traffic and driving characteristics on morphology of atmospheric soot particles at freeway on-ramps. **Environmental Science & Technology**. v. 48, n. 6, p. 3128-3135, 2014.. DOI: 10.1021/es405178n.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 18, de 6 de maio de 1986**. 1986.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA Nº 297, de 26 de fevereiro de 2002**. 2002.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA Nº 315 de 29 de outubro de 2002**. 2002.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA Nº 342 de 25 de setembro de 2003**. 2003.

CONSÓRCIO VIA EXPRESSA. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Estudo de viabilidade técnico-econômica e ambiental EVTEA e Projeto executivo de engenharia de melhoramentos físicos e operacionais, visando a adequação para aumento da capacidade e segurança da rodovia BR-282/SC**. Florianópolis, 2014.

Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Instrução Normativa IN 009/DAT/CBMSC: Sistema de saídas de emergência.** 2014.

CURRIE, Graham, DELBOSC, Alexa. Understanding bus rapid transit route ridership drivers: An empirical study of Australian BRT systems. **Transport Policy.** v. 18, n. 5, p. 755-764, 2011. DOI: 10.1016/j.tranpol.2011.03.003.

DAHL, Andreas et al. Traffic-generated emissions of ultrafine particles from pavement–tire interface. **Atmospheric Environment.** v. 40, p. 1314–1323. 2006. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2005.10.029.

DAS, Pritikana; KATIYAR, Vinod Kumar; PARIDA, Manoranjan. Pedestrian response to road traffic noise for medium size city in India. **International Journal for Traffic and Transport Engineering.** v. 5, n. 3, 2015. DOI: 10.7708/ijtte.2015.5(3).06.

Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN. **Resolução nº 495.** 2014. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/Resolucao4952014.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

DIAS, Adriano Ethur. **O desempenho térmico de uma cobertura verde em simulações computacionais em três cidades brasileiras.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (Brasil), 2016.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais.** Rio de Janeiro: DCTec, 1999.

DONAVAN, Paul R; JANELLO, Carrie J. Mapping heavy vehicle noise source heights for highway noise analysis. **Transportation Research Board.** 2017. DOI: 10.17226/24704.

DU, Yao-Dong et al. Impacts of climate change on human health and adaptation strategies in south China. **Advances in Climate Change Research.** v. 4, p. 208-214. 2013. DOI: 10.3724/SP.J.1248.2013.208.

ERELL, Evyatar et al. Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons. **Urban Climate**. v. 10, p. 367–386. 2013. DOI: 10.1016/j.uclim.2013.10.005.

ESTUPIÑÁN, Nicolás; RODRÍGUEZ, Daniel A. The relationship between urban form and station boardings for Bogotá's BRT. **Transportation Research. Part A: Policy and Practice**. v. 42, p. 296–306. 2008. DOI: 10.1016/j.tra.2007.10.006.

Federal Transit Administration (FTA). Department of Transportation. **Bus Rapid Transit demonstration program**. Washington, D.C.: FTA, 2002.

FERRARI, Célson. **Curso de planejamento municipal integrado - Urbanismo**. Livraria Pioneira Editora, 2ª edição. São Paulo, 1979.

FRANCHINI, Massimo; MANNUCCI, Pier Mannuccio. Impact on human health of climate changes. **European Journal of Internal Medicine**. v. 26, p. 1–5. 2015. DOI: 10.1016/j.ejim.2014.12.008.

GONÇALVES, Michel. **Mais de 100 mil carros 35 anos**. Jornal Notícia do Dia. Ed. 20/11/. p. 6-7. Florianópolis, 2017.

HANSON, Douglas I; JAMES, Robert S.; NeSMITH, Christopher. **Tire/pavement noise study**. NCAT Report 04-02. Federal Highway Administration. Auburn, 2004.

HOEKMAN, S. Kent; ROBBINS, Curtis. Review of the effects of biodiesel on NOx emissions. **Fuel Processing Technology**. v. 96, p. 237-249, 2012. DOI: 10.1016/j.fuproc.2011.12.036.

HONG, Joo Young; JEON, Jin Yong. The effects of audio–visual factors on perceptions of environmental noise barrier performance. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 28–37. 2014. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.02.001.

HÖPPE, Peter. The Physiological Equivalent Temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal Biometeorol**. v. 43, p. 71–75. 1999. DOI: 10.1007/s004840050118.

Institute for Transportation & Development Policy (ITDP); Rockefeller Foundation; Barr Foundation; Climate Works Foundation et al. **The BRT Standard**. 2014.

Isolar. Esquadrias & soluções acústicas. **Orçamento**. Proposta 19.064. 2017.

International Organization For Standardization (ISO). **ISO 1996/1: Acoustics: Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures, 2003/1**. Suíça, 2003.

\_\_\_\_\_. **ISO 1996/2: Acoustics: Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels, 2007/2**. Suíça, 2007.

JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. 3 ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011. (Coleção cidades).

JAYASOORIYA, Varuni M et al. Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. **Urban Forestry & Urban Greening**. V. 21, p. 34-47. 2017. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.11.007.

JIANG, Yang; ZEGRAS, P. Christopher; MEHNDIRATTA, Shomik. Walk the line: station context, corridor type and bus rapid transit walk access in Jinan, China. **Journal of Transport Geography**. v. 20, n. 1, p. 1-14, 2012. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2011.09.007.

Japan International Cooperation Agency (JICA). **The study for Karachi transportation improvement project in the Islamic Republic of Pakistan**. Relatório final. 2012.

KARANASIOU, Angeliki et al. Assessment of personal exposure to particulate air pollution during commuting in European cities – Recommendations and policy implications. **Science of the Total Environment**. v. 490. p. 785-797. 2014. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.05.036.

KAWAKITA, Cristina Yukari. **Medição do ruído de tráfego na rodovia SP-270 e avaliação da satisfação quanto ao conforto acústico de seus moradores**. Dissertação (Mestrado). Departamento de

Engenharia de Construção Civil – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. São Paulo (Brasil), 2008.

KETTERER, Christine; MATZARAKIS, Andreas. Human-biometeorological assessment of heat stress reduction by replanning measures in Stuttgart, Germany. **Landscape and Urban Planning**. v. 122, p. 78– 88. 2014. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2013.11.003.

KNABBEN, Ramon Mendes. **Estudo do ruído pneu-pavimento e da absorção sonora em diferentes revestimentos de pavimento**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (Brasil), 2012.

KRAGH, Jørgen; BENDTSEN, Hans; HILDEBRAND, Gregers. Noise classification for tendering quiet asphalt wearing courses. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**. v. 48, p. 570-579, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1035.

Laboratório De Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). **Desempenho térmico de edificações**. Apostila. Universidade Federal de Santa Catarina. 2016.

LÁO, Vânia Luzia do Espírito Santo Tizo. **Estudo Comparativo do Desempenho Acústico de Diferentes Tipos de Revestimento dos Pavimentos**. Tese (Doutorado). Programas de Pós-Graduação de Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro (Brasil), 2004.

LEVINSON, Herbert S. et al. **BUS RAPID TRANSIT: Volume 2 Implementaiton Guidelines**. Transit Cooperative Research Program. Report 90. Washington, D.C, 2003.

LOGIT Engenharia Consultiva; STRATEGY; Machado Meyer Sendacz; Opice Advogados. **Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis**. Relatório Final, v. 3. Florianópolis: LOGIT Engenharia Consultiva, 2015a.

\_\_\_\_\_. **Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis**. Relatório Síntese. Florianópolis: LOGIT Engenharia Consultiva, 2015b.

LOPES, Priscila. **Proposta de sinalização de obra das intersecções previstas no projeto executivo para aumento de capacidade da rodovia BR-282/SC – Via expressa.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Departamento de Engenharia Civil – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (Brasil), 2015.

LOUKAITOU-SIDERIS, Anastasia et al. Up in the air: urban design for light rail transit stations in highway medians. **Journal of Urban Design.** v. 18, n. 3, p. 313–339. 2013. DOI: 10.1080/13574809.2013.800448.

MAES, Andy de Sousa. **Modelagem de dispersão das emissões veiculares de NO<sub>2</sub> e CO no entorno da Avenida Beira-mar norte em Florianópolis/SC.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (Brasil), 2017.

MAESTRI, Alexandre. **Avaliação da refletância solar em coberturas no campus da Universidade Federal De Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (Brasil), 2017.

MARCO, Tiziana de et al. **Use of photocatalytic products for sustainable construction development.** University Delle Marche, Italy, 2013.

MARTIN, Peter; LANDAU, Nathan. San Pablo Corridor Rapid - Planning and ten years operations experience. **Transportation Research Board.** 2017. Disponível em: <<http://docs.trb.org/prp/17-01038.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

MASCARÓ, Juan. **Desenho urbano e custos de urbanização.** Porto Alegre: Sagra, 1987.

MATZARAKIS, Andreas; MAYER, Helmut; IZIOMON, Moses G. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. **International Journal Biometeorol.** v. 43, p. 76–84. 1999. DOI: 10.1007/s004840050119.



McNEIL, Nathan; DUNCAN, Allison Boyce; DeVITIS, Drew. Lessons from the development of a guidebook on pedestrian and bicycle connections to transit. **TREC Friday Seminar Series**. 2016. Disponível em: <<http://archives.pdx.edu/ds/psu/18557>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

MEIARASHI, Seishi. Porous elastic road surface as urban highway noise measure. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**. n. 1880, p. 151-157. 2004. DOI: 10.3141/1880-18.

MELO, João Victor Staub de. **Desenvolvimento de peças pré-moldadas de concreto fotocatalíticas para pavimentação e purificação de ar**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (Brasil), 2011.

MERCEDES-BENZ. **BRT: uma visão sistêmica**. 2016.

MSHRA, R. K.; PARIDA, M.; RANGNEKAR, S. Evaluation and analysis of traffic noise along bus rapid transit system corridor. **International Journal Environment Science Technology**. v. 7, n. 4, p. 737-750. 2010. DOI: 10.1007/BF03326183.

NASARE, Aléx M. et al. Teste comparativo da captura de Material Particulado (MP) por folhas pilosas *Tibouchina granulosa* C.J. Ferreira e filtro de ar acoplado a bomba de ar “home made”. **Revinter**. v. 10, n. 03, p. 134-154. 2017. DOI: 10.22280/revintervol10ed3.305.

NEWBY, David E. et. al. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. **European Heart Journal**. v. 36, n. 2, p. 83-93, 2014. DOI: 10.1093/eurheartj/ehu458.

NINCE, Paulo Celso do Couto et al. Conforto térmico dos usuários em vegetação e revestimento urbanos no campus da UFMT em Cuiabá – MT. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. v.13, n.4, set-dez, p.3529-3541. Santa Maria, 2014. DOI: 10.5902/2236130813625.

NOBRE, Eduardo A. C. **Índices urbanísticos**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. 2001.

Observatório da Mobilidade. Projeto Neotrans. Universidade Federal de Santa Catarina. Arquivos. Disponível em: <<http://observatoriodamobilidadeurbana.ufsc.br/>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. **Estudo e Proposição de Métodos em Planejamento de Transportes Aplicados à Região Metropolitana de Florianópolis**. Volume I. Projeto Operacional para Região Metropolitana da Grande Florianópolis. Departamento de Automação e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina. 2017. Disponível em: <<https://drive.google.com/open?id=0B6d2Fq6QAWpDQ1ZaRWFkSEdKTzA>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

OLAYINKA, Oyedepo Sunday. Effective noise control measures and sustainable development in Nigeria. **World Journal of Environmental Engineering**. v. 1, n. 1, p. 5-15. 2013. DOI: 10.12691/wjee-1-1-2.

Organização Mundial da Saúde (OMS). **Guidelines for community noise**. 2000. Disponível em: <<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Segurança de pedestres: Manual de segurança viária para gestores e profissionais da área**. Brasília: OPAS, 2013.

\_\_\_\_\_. **Ambiente air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease**. 2016.

OUIS, Djamel. Annoyance from road traffic noise: a review. **Journal of Environmental Psychology**. n. 21, p. 101-120. 2001. DOI: 10.1006/jevp.2000.0187.

ÖZTÜRK, Turgut; ÖZTÜRK; Zübeyde; ÇALIS, Metehan. A case study on acoustic performance and construction costs of noise barriers. **Scientific Research and Essays**. v. 7, n. 50, p. 4213-4229. 2012. DOI: 10.5897/SRE10.1134.

PAIVA-VIANA, Karina Mary de. **Poluição sonora no município de São Paulo: avaliação do ruído e o impacto da exposição na saúde da população**. Tese (Doutorado). Departamento de Epidemiologia –

Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo. São Paulo (Brasil), 2014.

PARADEDADA, Diego Benites; KRAUS Jr, Werner; CARLSON, Rodrigo Castelan. Implantação de faixas exclusivas para ônibus: efeito da troca modal no tráfego de automóveis. **Anais do XXVIII Congresso em Pesquisa e Ensino de Transportes**. Curitiba: ANPET, 2014.

Disponível em:

<<http://www.anpet.org.br/xxviiiianpet/anais/documents/AC394.pdf>>.

Acesso em: 27 nov. 2017.

PAULLEY, Neil et al. The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. **Transport Policy**. v. 13, p. 295–306. 2006. DOI: 10.1016/j.tranpol.2005.12.004.

Peshawar Development Authority (PDA); Government of Khyber Pakhtunkhwa (GoKP); Asian Development Bank (ADB). Org. **PAK: Peshawar sustainable Bus Rapid Transit corridor project**. Environmental Impact Assessment. 2017.

PICANÇO, Helena Marinho; CARTAX, Elizabeth Ferreira; FROTA, Consuelo Alves da; PEREIRA, Paulo Henrique de Sousa. Refletividade, radiação solar e temperatura em diferentes tipos de revestimentos das vias urbanas no município de Manaus (AM). **V CONINFRA - Congresso de Infraestrutura de Transportes**. São Paulo, 2011.

Disponível em:

<<http://andit.org.br/coninfra2011/proceedings/coninfra/05-024.pdf>>.

Acesso em: 24 mar. 2017.

Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS). **Apresentação dos resultados**. Florianópolis, 2014a.

\_\_\_\_\_. **Produto 2: Entendimento do zoneamento e infraestrutura urbana**. Florianópolis, 2014b.

\_\_\_\_\_. **Produto 19: Relatório Final - Consolidação das propostas e plano de implementação**. Florianópolis, 2014c.

POMERANTZ, Melvin; AKBARI, Hashem; CHANG, SC. **The effect of pavements' temperatures on air temperatures in large cities**. Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000.

QIN, Yinghong. A review on the development of cool pavements to mitigate urban heat island effect. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 52, p. 445-459. 2015. DOI: 10.1016/j.rser.2015.07.177.

RAKOWSKA, Agata et al. Impact of traffic volume and composition on the air quality and pedestrian exposure in urban street canyon. **Atmospheric Environment**. v. 98 p. 260-270. 2014. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2014.08.073.

REDMAN, Lauren et al. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. **Transport Policy**. v. 25, p. 119–127. 2013. DOI: 10.1016/j.tranpol.2012.11.005.

RITZ, Beate et al. Traffic-related air pollution and parkinson's disease in Denmark: A case–control study. **Environmental health perspectives**. v. 124, n. 3, p. 351. 2016. DOI: 10.1289/ehp.1409313.

RODRÍGUEZ, Daniel A.; BRISSON, Elizabeth M.; ESTUPIÑÁN, Nicolás. The relationship between segment-level built environment attributes and pedestrian activity around Bogota's BRT stations. **Transportation Research Parte D: Transport and Environment**. v. 14, p. 470–478. 2009. DOI: 10.1016/j.trd.2009.06.001.

ROMEO, Carlo; ZINZI, Michele. Impact of a cool roof application on the energy and comfort performance in an existing non-residential building. A Sicilian case study. **Energy and Buildings**. v. 67, p. 647-657. 2013. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.07.023.

SADOWSKI, David; SZTOTLZ; Célio; KRETZER, Geruza; PARADEDA, Diego. Implantação de estações de transporte público: uma análise da demanda de usuários e o movimento peatonal. **Anais do XXX Congresso em Pesquisa e Ensino de Transportes**. v. 5, p. 349-360. Rio de Janeiro: ANPET, 2016. Disponível em: <[http://www.anpet.org.br/xxxanpet/site/anais\\_busca\\_online/documents/6\\_421\\_AC.pdf](http://www.anpet.org.br/xxxanpet/site/anais_busca_online/documents/6_421_AC.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2012.

SALATA, Ferdinando et al. Relating microclimate, human thermal comfort and health during heat waves: An analysis of heat island mitigation strategies through a case study in an urban outdoor

environment. **Sustainable Cities and Society**. v. 30, p. 79–96. 2017.  
DOI: 10.1016/j.scs.2017.01.006.

SALEHI, Farimah; KARBASSI, Abdolreza R.; KHASHAYPOOR, Morteza. Environmental impact assessment of bus rapid transit (BRT) in Tehran Metropolitan City. **International Journal Human Capital in Urban Management**. v. 1, n.1, p. 47-56. 2016. DOI: 10.7508/IJHCUM.2016.01.006.

SANTAMOURIS, Mat et al. Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas and design realization and results of the flisvos project. **Building and Environment**. v. 53, p 128-136. 2012.  
DOI: 10.1016/j.buildenv.2012.01.022.

SANTAMOURIS, Mat. Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island – A review of the actual developments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 26, p. 224–240. 2013.  
DOI: 10.1016/j.rser.2013.05.047.

SANTOS, Geanesson Alberto de Oliveira. **Avaliação de poluição sonora de tráfego nas proximidades de estações–tubo em diferentes áreas de zoneamento da cidade de Curitiba**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial – Setor de Tecnologia – Universidade Federal do Paraná; Universidade de Stuttgart. Curitiba (Brasil), 2015.

SÃO JOSÉ. **Lei nº 1.604/85**. Plano Diretor de São José. Anexo I. Atualização 3013. São Jose, 2013.

SÃO PAULO. **BRT Metropolitano perimetral Alto Tietê**. Transporte EMTU. São Paulo, 2013.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Direitos Humanos e Cidadania (Ed.). **Cadernos de Formação: Direito à cidade**. São Paulo: Instituto Paulo Freire, 2015.

SCHAFFER, Alexander. **Passenger exposure to noise at transit platforms in Los Angeles**. Luskin Center for Innovation. Universidade da Califórnia em Los Angeles. Los Angeles (EUA), 2012. Disponível em: < <http://innovation.luskin.ucla.edu/news/sustainable-mobility/first-comprehensive-study-transit-noise-levels>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

SILVA JÚNIOR, Sílvio Barbosa da; FERREIRA, Marcos Antonio Garcia. Rodovias em áreas urbanizadas e seus impactos na percepção dos pedestres. **Sociedade & Natureza**. vol. 20. n. 1. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a15v20n1>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

Sindicato da Indústria de Construção Civil (SINDUSCON). **Custos unitários básicos de construção**. Florianópolis, 2017.

SUGAI, Maria Inês. **Segregação silenciosa: investimentos públicos e dinâmica socioespacial na área conurbada de Florianópolis (1970-2000)**. Coleção urbanismo e arquitetura da cidade. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2015.

SYNNEFA, Afroditi; SANTAMOURIS, Mat; AKBARI, Hashem. Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions. **Energy and Buildings**. v. 39, p. 1167–1174. 2007. DOI: 10.1016/j.enbuild.2007.01.004.

SYNNEFA, Afroditi et al. Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve the urban microclimate. **Building and Environment**. v. 46, p. 38–44. 2011. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.06.014.

TOWNSEND, Craig; ZACHARIAS, John. Built environment and pedestrian behavior at rail rapid transit stations in Bangkok. **Transportation**. v. 37, n. 2, p. 317-330, 2009. DOI: 10.1007/s11116-009-9226-8.

TSAL, Dai-Hua; WU, Yi-Her; CHAN, Chang-Chuan. Comparisons of commuter's concentration to particulate matters while using different transportation modes. **Science Total Environmental**. v. 405, p. 71-77. 2008. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.06.016.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). **Estudo e proposição de métodos em planejamento de transportes aplicados à Região Metropolitana de Florianópolis**. Projeto FAPESC 2015TR1929. Projeto Neotrans. Florianópolis, 2017.

ULYSSEÁ NETO, Ismael; DIAS, Lurin Mendes Macedo de Vasconcellos. Identificação e caracterização dos efeitos de segregação de comunidades em projetos de duplicação de rodovias. **Anais do XVII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE**. v.18, Rio de Janeiro: ANPET, 2003.

Universidade de São Paulo (USP). **Concentração de poluente em São Paulo é maior que o dobro do limite recomendado pela OMS**.

Agência USP de notícias. 2013. Disponível em:

<<http://www5.usp.br/33750/concentracao-de-poluente-em-sao-paulo-e-maior-que-o-dobro-do-limite-recomendado-pela-oms/>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

VELASCO, Erik; TAN, Sok Huang. Particles exposure while sitting at bus stops of hot and humid Singapore. **Atmospheric Environment**. v. 142, p. 251-263. 2016. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2016.07.054.

VUCHIC, Vukan R. **Urban transit: operations, planning and economics**. Willey: 2005.

WAN, Danet al. Customer satisfaction with bus rapid transit: a study of New York City select bus service applying structural equation modeling. **Public Transport**. v. 8, p. 497–520. 2016. DOI: 10.1007/s12469-016-0135-x.

WARDMAN, Mark. Public transport values of time. **Transport Policy**. v. 11, p. 363–377. 2004. DOI: 10.1016/j.tranpol.2004.05.001.

WRIGHT, Lloyd; HOOK, Walter (ed). **Manual de BRT: Guia de planejamento**. New York: ITDP. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

YAN, Fang; BOND, Tami C.; STREETS, David G. Effectiveness of mitigation measures in reducing future primary particulate matter emissions from on-road vehicle exhaust. **Environmental, Science & Technology**. v. 48, n. 24, p. 14455-14463, 2014. DOI: 10.1021/es503197f.

ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta; DINIZ, Fabiano Belisário; BARBOSA, Wiliam Alves. Environmental noise pollution in the city of

Curitiba, Brazil. **Applied Acoustics**. v. 63, p. 351–358. 2002. DOI: 10.1016/S0003-682X(01)00052-4.

ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta; SANT'ANA, David Queiroz de. Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project – A case study in Brazil. **Applied Acoustics**. v. 72, p. 479–486. 2011. DOI: 10.1016/j.apacoust.2010.09.014.

## Sites

Abitare. 2015. Disponível em: <[http://www.abitare.it/en/design-en/visual-design-en/2015/12/28/blue-bus-stops-for-los-angeles-buses/?refresh\\_ce-cp](http://www.abitare.it/en/design-en/visual-design-en/2015/12/28/blue-bus-stops-for-los-angeles-buses/?refresh_ce-cp)>. Acesso em: 01 mar. 2017.

Arquitetura destaque. 2017. Disponível em: <https://br.pinterEstaçãocom/arqdestaque/constru%C3%A7%C3%A3o-e-inova%C3%A7%C3%A3o/>. Acesso em: 21 nov. 2017.

Avener Prado. Folha Uol. **Pontos de ônibus serão repaginados em 160 locais de São Paulo**. 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/08/1675753-pontos-de-onibus-serao-repaginados-em-160-locais-de-sao-paulo.shtml>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

Biguaçu Transporte Coletivo, 2018. Disponível em: <<http://www.biguacutransportes.com.br/portal/horariosDeOnibus>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.brasil2016.gov.br/pt-br/noticias/ultimo-trecho-do-brt-transoeste-e-inaugurado-no-rio-de-janeiro>>. Acesso em: 01 mar. 2017.

BRT Brasil. 2017. Disponível em: <[http://brtbrasil.org.br/index.php/brt-brasil/cidades-com-sistema-brt/50-curitiba#.WNV6\\_DvyvIU](http://brtbrasil.org.br/index.php/brt-brasil/cidades-com-sistema-brt/50-curitiba#.WNV6_DvyvIU)>. Acesso em: 24 mar. 2017.

BRTDATA ORG. 2017. Disponível: <<http://brtdata.org/>>. Acesso em: 24 mar. 2017.



Critical transit, 2013. **Highway transit**. Disponível em: <<http://www.criticaltransit.com/blog/2013/03/15/highway-transit>>. Acesso em: 18 out. 2017.

Estolano LeSar Perez Advisors, 2012. **If we build it, will they get there safely?** Disponível em: <<http://www.elpadvisors.com/2012/08/20/if-we-build-it-will-they-get-there-safely/>>. Acesso em: 19 out. 2017.

Fotos Imagens. Disponível em: <<http://www.fotos-imagens.net/mapa-do-brasil.html>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2010. Disponível em: <[https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_estatisticas.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm)>. Acesso em: 01 jun. 2017.

ITP World. TransCebu. Disponível em: <[http://www.itpworld.net/cebu\\_whatIsBRT.html](http://www.itpworld.net/cebu_whatIsBRT.html)>. Acesso em: 01 mar. 2017.

Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento (ITDP) 2016. **Indicadores**. Disponível em: <<http://itdpbrasil.org.br/indicadores/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

Kcet. 2014. Disponível em: <<https://www.kcet.org/history-society/the-power-of-place-and-emerging-voices/>>. Acesso em: 01 mar. 2017.

Mobilize. 2015. Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/noticias/7722/em-bogota-brt-transmilenio-da-sinais-de-esgotamento.html?print=s>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

Omoide No Shotokyo. 1996. Disponível em: <[http://www.publicartinla.com/Downtown/Little\\_Tokyo/omoide1.html](http://www.publicartinla.com/Downtown/Little_Tokyo/omoide1.html)>. Acesso em: 01 mar. 2017.

OzeBus. 2014. Disponível em: <<http://bic.asn.au/information-for-moving-people/bus-rapid-transit>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

Pedestrian Observations, 2014. **Putting Rail Lines in Highway Medians**. Disponível em: <<https://pedestrianobservations.com/2014/09/01/putting-rail-lines-in-highway-medians/>>. Acesso em: 19 out. 2017.

PINI. **Ruído barrado.** Conheça as experiências internacionais e os principais cuidados de projeto de barreiras para minimização de ruídos de rodovias. 2007. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/126/artigo286439-5.aspx>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

Rail for the valley. Disponível em: <<http://www.railforthevalley.com/latest-news/zweisystem/a-portent-of-things-to-come/>>. Acesso em: 01 mar. 2017.

São Paulo. Metrô de São Paulo. **Indicadores.** 2017. Disponível: <<http://www.metro.sp.gov.br/metro/numeros-pesquisa/indicadores.aspx>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

Seattle Transit Blog, 2009. **Editorial: Don't Build a Train Station Next to a Highway.** Disponível em: <<https://seattletransitblog.com/2009/11/24/editorial-dont-build-a-train-station-next-to-a-highway/>>. Acesso em: 19 out. 2017.

The Transport Politic, 2011. **In Charlotte, a Busy Highway May be No Place for Rapid Transit.** Disponível em: <<https://www.thetransportpolitic.com/2011/01/22/in-charlotte-a-busy-highway-may-be-no-place-for-rapid-transit/>>. Acesso em: 19 out. 2017.

Transporte Coletivo Estrela, 2018. Disponível em: <<http://www.tcestrela.com.br/index.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

TRENSURB. Expansão Novo Hamburgo. 2013. Disponível em: <[http://www.trensurb.gov.br/paginas/galeria\\_projetos\\_detalhes.php?codigo\\_sitemap=84](http://www.trensurb.gov.br/paginas/galeria_projetos_detalhes.php?codigo_sitemap=84)>. Acesso em: 29 maio. 2017.

The City Fix Brasil, 2015a. **As sete características de uma estação BRT.** Disponível em: <<http://thecityfixbrasil.com/2015/08/20/as-sete-caracteristicas-de-uma-estacao-brt/>>. Acesso em: 30 jan. 2017.

The City Fix Brasil, 2015b. Nossa Cidade: cinco exemplos de caminhabilidade. Disponível em: <<http://thecityfixbrasil.com/2015/04/08/nossa-cidade-cinco-exemplos-de-caminhabilidade/>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

Wingard. **Películas comerciais**. 2017. Disponível em: <  
<https://www.wingard.com.br/peliculas-comerciais>>. Acesso em: 24 dez.  
2017.

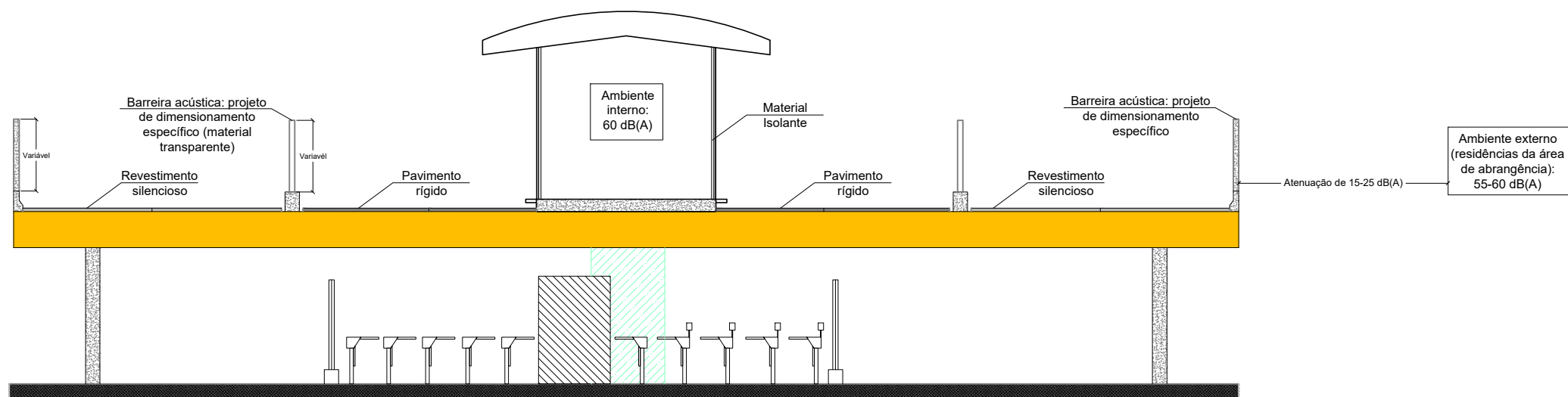


**APÊNDICE A**

Mitigação da poluição sonora

# Mitigação da poluição sonora

sem escala



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Implantação de estações de BRT em canteiro central de rodovias -  
Estudos de caso: BR-101/SC e BR-282/SC

Conteúdo

Diretriz para mitigação poluição sonora

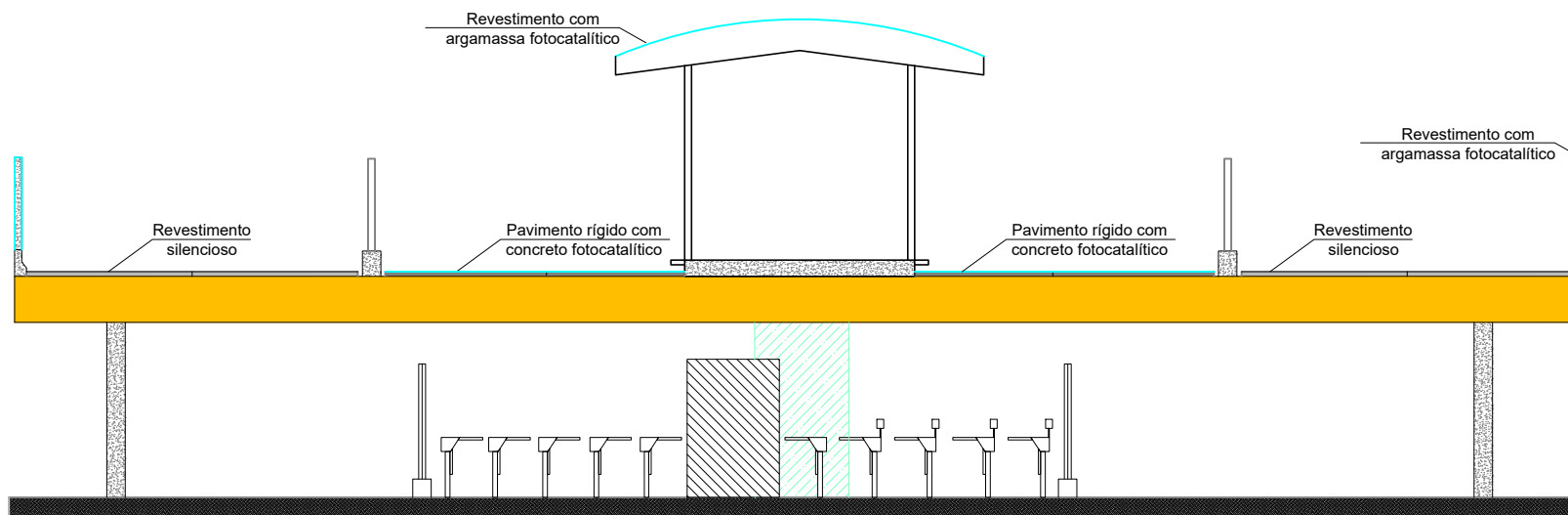
Escala	Data	Desenho	Folha
Indicada	20/04/2018	A4	01/05

## **APÊNDICE B**

Mitigação da poluição atmosférica

# Mitigação da poluição atmosférica

sem escala



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Implantação de estações de BRT em canteiro central de rodovias -  
Estudos de caso: BR-101/SC e BR-282/SC

Conteúdo  
Diretriz para mitigação poluição atmosférica

Escala	Data	Desenho	Folha
Indicada	20/04/2018	A4	02/05

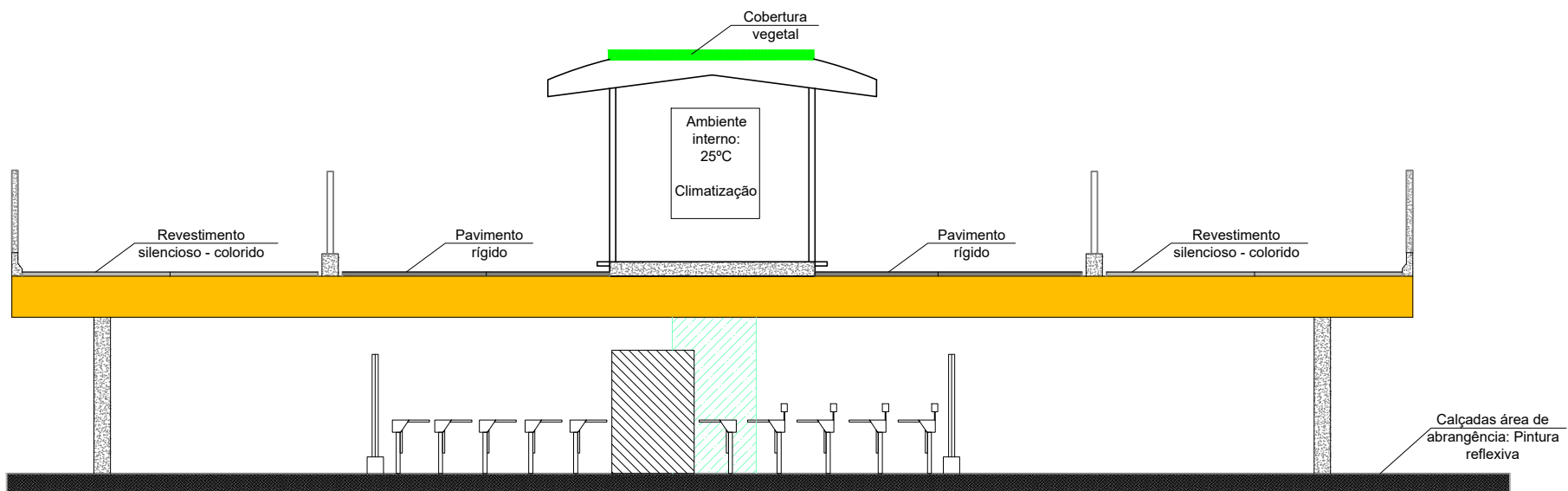


## APÊNDICE C

Mitigação do desconforto térmico

# Mitigação do desconforto térmico

sem escala



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Implantação de estações de BRT em canteiro central de rodovias -  
Estudos de caso: BR-101/SC e BR-282/SC

Conteúdo  
Diretriz para mitigação desconforto térmico

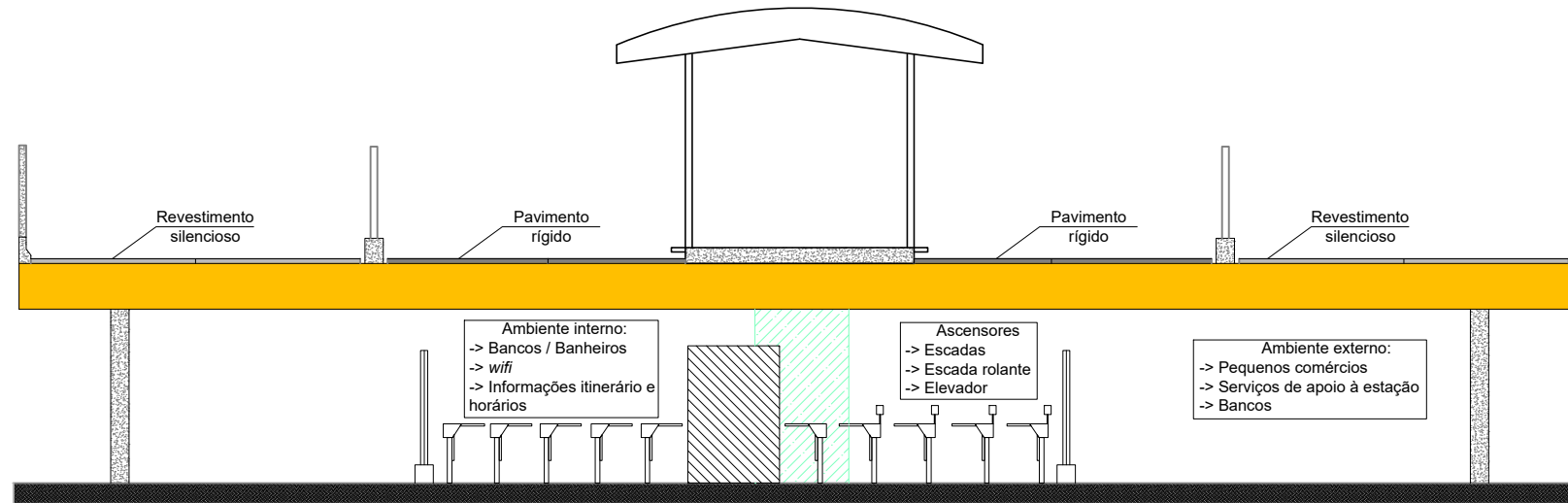
Escala	Data	Desenho	Folha
Indicada	20/04/2018	A4	03/05

**APÊNDICE D**

Área de acesso à estação

# Área de acesso à estação

sem escala



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Implantação de estações de BRT em canteiro central de rodovias -  
Estudos de caso: BR-101/SC e BR-282/SC

Conteúdo

Diretriz para área de acesso à estação

Escala

Indicada

Data

20/04/2018

Desenho

A4

Folha

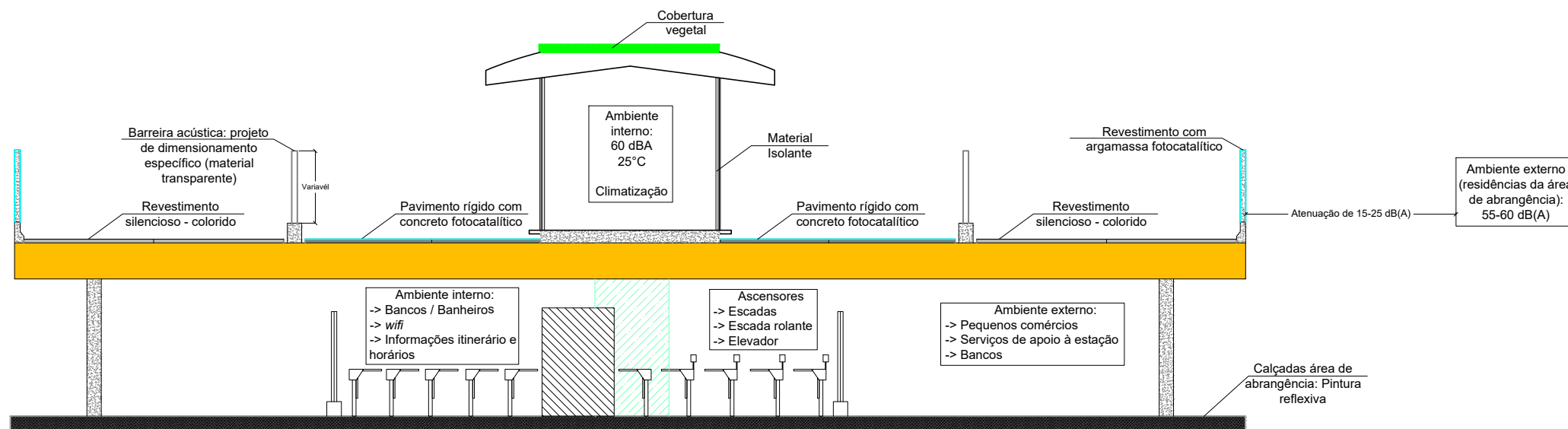
04/05

## APÊNDICE E

Combinação das medidas de mitigação

# Combinação das medidas de mitigação

sem escala



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Implantação de estações de BRT em canteiro central de rodovias -  
Estudos de caso: BR-101/SC e BR-282/SC

Conteúdo  
Diretrizes das medidas de mitigação combinadas

Escala	Data	Desenho	Folha
Indicada	20/04/2018	A4	05/05

## APÊNDICE F

Contagem de tráfego concomitante à medição de ruído dos pontos B1 e B2.  
(BR-101/SC).

<b>Sentido</b>						
	<b>B1</b>			<b>B2</b>		
	<b>Norte</b>	<b>Marginal Norte</b>	<b>Sul</b>	<b>Norte</b>	<b>Sul</b>	<b>Marginal Sul</b>
<b>Moto</b>	64	42	86	62	79	16
<b>Carro</b>	411	189	622	435	550	134
<b>Cam 3 eixos</b>	4	17	92	10	139	23
<b>Cam 4 eixos</b>	30	1	40	20	35	1





## APÊNDICE G

Variáveis e resultado parcial  $L_{eq}$  pela Equação 2 para ponto B1 (BR-101/SC).

<b>Veículos</b>	<b>Sentido</b>	<b>Contagem</b>	<b><math>V_i</math> (km/h)</b>	<b><math>L_{oi}</math> (dBA)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>L_{eq}</math> veículo (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> sentido (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> rodovia (dBA)</b>
<b>Moto</b>	Norte	64	80	70,00	23,30	61,90	75,20	80,66
<b>Carro</b>	Norte	411	80	70,00		69,98		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	Norte	4	70	78,30		58,74		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	Norte	30	70	84,00		73,19		
<b>Moto</b>	Marginal Norte	42	70	67,50	4,50	65,29	75,99	
<b>Carro</b>	Marginal Norte	189	70	67,50		71,82		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	Marginal Norte	17	60	78,30		72,83		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	Marginal Norte	1	40	78,80		62,79		
<b>Moto</b>	Sul	86	80	70,00	33,20	61,65	76,39	
<b>Carro</b>	Sul	622	80	70,00		70,24		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	Sul	92	70	78,30		70,82		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	Sul	40	70	84,00		72,90		



## APÊNDICE H

Variáveis e resultado parcial  $L_{eq}$  pela Equação 2 para ponto B2 (BR-101/SC).

<b>Veículos</b>	<b>Sentido</b>	<b>Contagem</b>	<b><math>V_i</math> (km/h)</b>	<b><math>L_{oi}</math> (dBA)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>L_{eq}</math> veículo (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> sentido (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> rodovia (dBA)</b>
<b>Moto</b>	Norte	62	80	70,00	34,30	60,08	72,76	80,50
<b>Carro</b>	Norte	435	80	70,00		68,54		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	Norte	10	70	78,30		61,04		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	Norte	20	70	84,00		69,75		
<b>Moto</b>	Sul	79	80	70,00	24,30	62,63	77,98	
<b>Carro</b>	Sul	550	80	70,00		71,06		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	Sul	139	70	78,30		73,97		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	Sul	35	70	84,00		73,68		
<b>Moto</b>	Marginal Sul	16	80	70,00	6,60	61,36	74,84	
<b>Carro</b>	Marginal Sul	134	80	70,00		70,59		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	Marginal Sul	23	70	78,30		71,81		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	Marginal Sul	1	70	84,00		63,90		





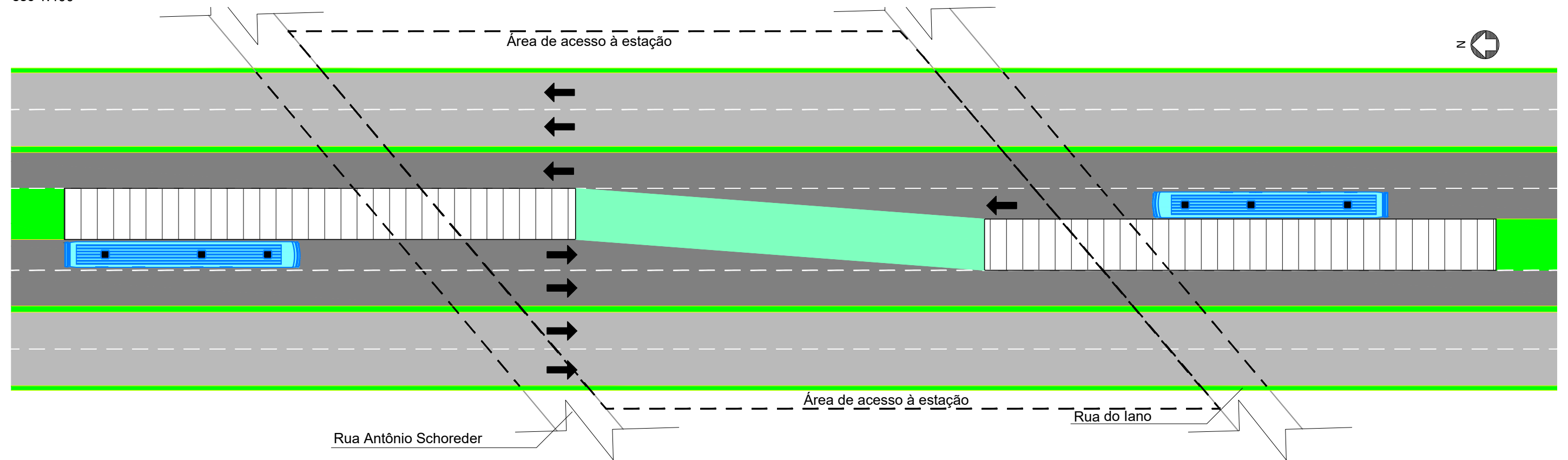
## **APÊNDICE I**

Estação Correios

# Estação Correios

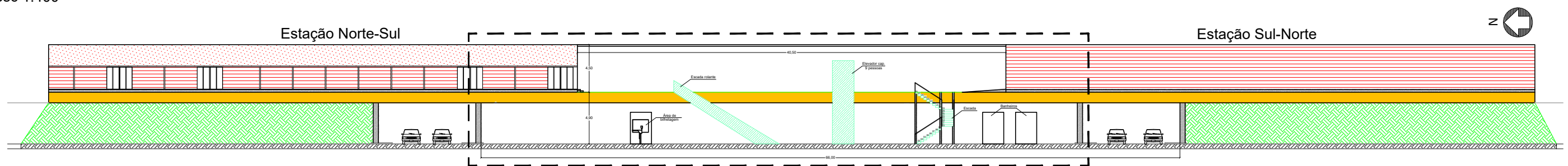
## Vista em planta da estação

esc 1:400



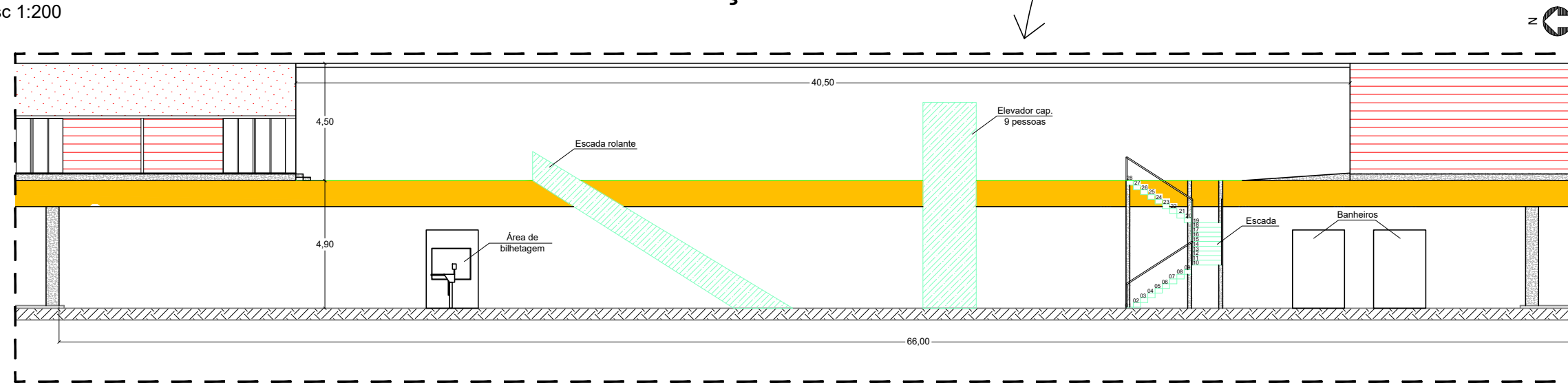
## Vista longitudinal da estação

esc 1:400



## Detalhe área de acesso e ascensores da estação

esc 1:200



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Implantação de estações de BRT em canteiro central de rodovias - Estudos de caso: BR-101/SC e BR-282/SC

Conteúdo  
Estação Correios

Escala Indicada	Data 28/02/2018	Desenho A3	Folha 01/01
--------------------	--------------------	---------------	----------------

## APÊNDICE J

Contagem de tráfego concomitante à medição de ruído dos pontos A1, A2 e A3  
(BR-282/SC).

<b>Sentido</b>						
<b>Veículo</b>	<b>A1</b>		<b>A2</b>		<b>A3</b>	
	<b>BR-101/SC</b>	<b>Pontes</b>	<b>BR-101/SC</b>	<b>Pontes</b>	<b>BR-101/SC</b>	<b>Pontes</b>
<b>Moto</b>	89	96	72	80	95	85
<b>Carro</b>	416	559	456	564	431	634
<b>Cam 3 eixos</b>	3	9	5	19	8	24
<b>Cam 4 eixos</b>	2	1	3	0	2	0





## APÊNDICE K

Variáveis e resultado parcial  $L_{eq}$  pela Equação 2 para ponto A1 (BR-282/SC).

<b>Veículos</b>	<b>Sentido</b>	<b>Contagem</b>	<b><math>V_i</math> (km/h)</b>	<b><math>L_{oi}</math> (dBA)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>L_{eq}</math> veículo (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> sentido (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> rodovia (dBA)</b>
<b>Moto</b>	BR-101/SC	89	80	70,00	14,60	65,36	73,67	75,95
<b>Carro</b>	BR-101/SC	416	80	70,00		72,06		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	BR-101/SC	3	80	81,30		61,94		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	BR-101/SC	2	70	84,00		63,46		
<b>Moto</b>	Pontes	96	80	70,00	28,30	62,82	72,05	
<b>Carro</b>	Pontes	559	80	70,00		70,47		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	Pontes	9	80	81,30		63,84		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	Pontes	1	70	84,00		57,57		



## APÊNDICE L

Variáveis e resultado parcial  $L_{eq}$  pela Equação 2 para ponto A2 (BR-282/SC).

<b>Veículos</b>	<b>Sentido</b>	<b>Contagem</b>	<b><math>V_i</math> (km/h)</b>	<b><math>L_{oi}</math> (dBA)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>L_{eq}</math> veículo (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> sentido (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> rodovia (dBA)</b>
<b>Moto</b>	BR-101/SC	72	80	70,00	23,60	62,36	72,12	74,76
<b>Carro</b>	BR-101/SC	456	80	70,00		70,37		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	BR-101/SC	5	80	81,30		62,07		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	BR-101/SC	3	70	84,00		63,13		
<b>Moto</b>	Pontes	80	80	70,00	37,30	60,83	71,34	
<b>Carro</b>	Pontes	564	80	70,00		69,31		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	Pontes	19	80	81,30		65,88		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	Pontes	0	70	84,00		0,00		



## APÊNDICE M

Variáveis e resultado parcial  $L_{eq}$  pela Equação 2 para ponto A3 (BR-282/SC).

<b>Veículos</b>	<b>Sentido</b>	<b>Contagem</b>	<b><math>V_i</math> (km/h)</b>	<b><math>L_{oi}</math> (dBA)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>L_{eq}</math> veículo (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> sentido (dBA)</b>	<b><math>L_{eq}</math> rodovia (dBA)</b>
<b>Moto</b>	BR-101/SC	95	80	70,00	25,70	63,19	71,81	74,96
<b>Carro</b>	BR-101/SC	431	80	70,00		69,76		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	BR-101/SC	8	80	81,30		63,74		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	BR-101/SC	2	70	84,00		61,00		
<b>Moto</b>	Pontes	85	80	70,00	36,30	61,21	72,09	
<b>Carro</b>	Pontes	634	80	70,00		69,93		
<b>Caminhão 3 eixos</b>	Pontes	24	80	81,30		67,01		
<b>Caminhão 4 eixos</b>	Pontes	0	70	84,00		0,00		







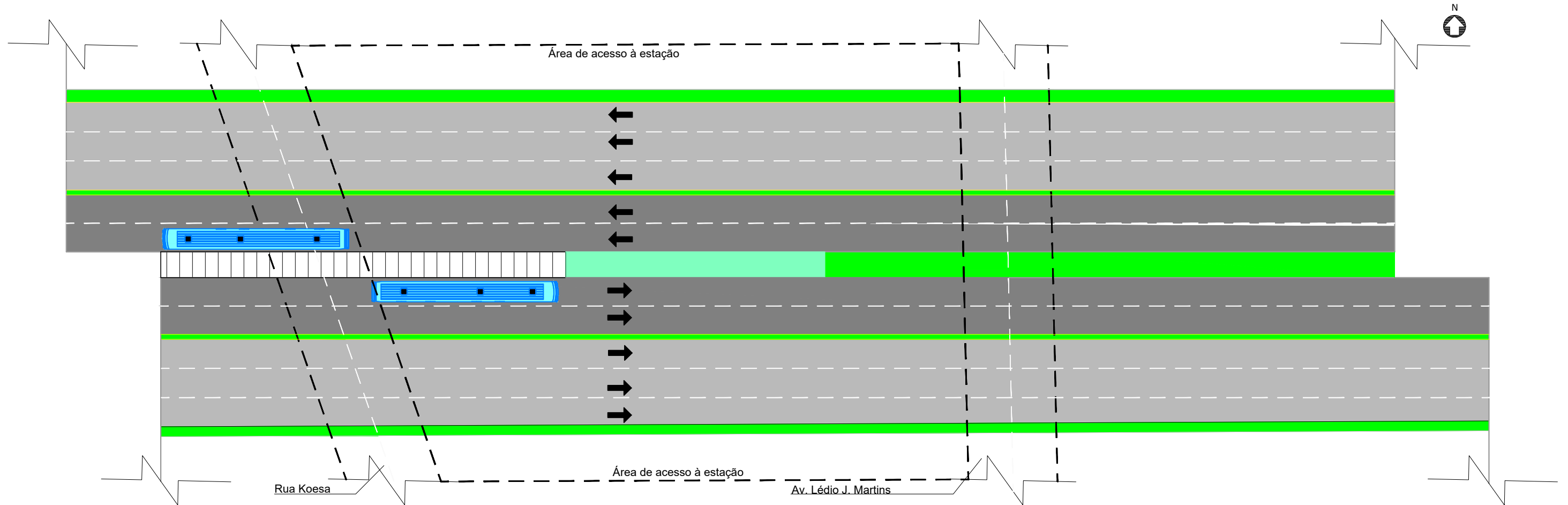
**APÊNDICE N**

Estação Lédio

# Estação Lédio

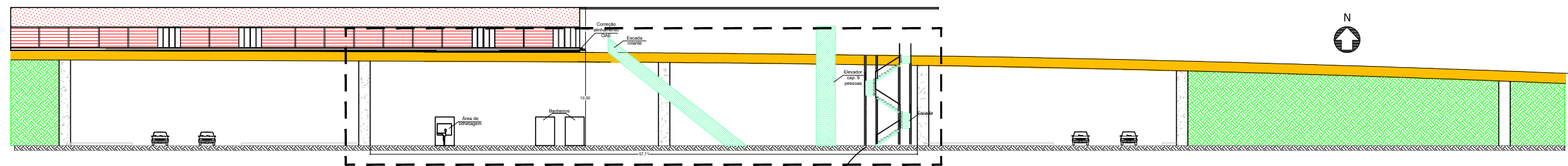
## Vista em planta da estação

esc 1:500



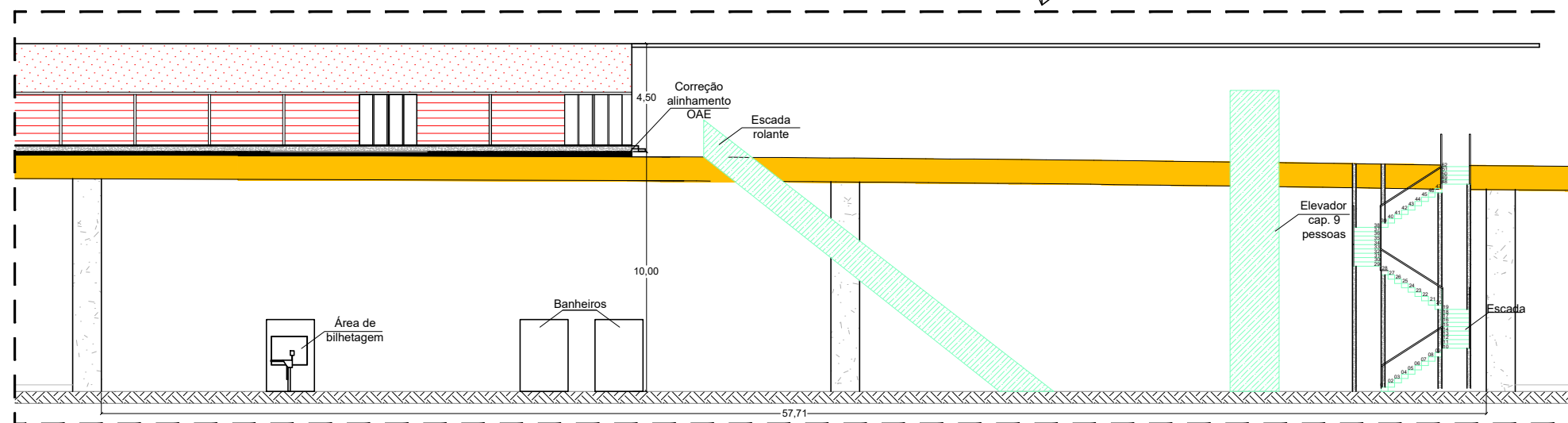
## Vista longitudinal da estação

esc 1:500



## Detalhe área de acesso e ascensores da estação

esc 1:250



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Implantação de estações de BRT em canteiro central de rodovias - Estudos de caso: BR-101/SC e BR-282/SC

Conteúdo  
Estação Lédio

Escala	Data	Desenho	Folha
Indicada	28/02/2018	A3	01/01